DIPARTIMENTO DI SCIENZE E TECNOLOGIE CHIMICHE

SICUREZZA NEI LABORATORI CHIMICI

PATRIZIA NUNZIANTE

Prima del 1994 il problema della sicurezza nei laboratori chimici e più in generale sui luoghi di lavoro, era regolata dal **D.P.R. n. 547 del 27 aprile 1955**.

Questo D.P.R. prevede le **norme generali relative alla progettazione, costruzione e manutenzione degli ambienti e dei posti di lavoro, la sicurezza degli impianti ed i mezzi individuali di protezione.**
Questo D.P.R. si applica a tutte le attività alle quali siano addetti "**lavoratori subordinati**", cioè a tutti coloro che, fuori dal proprio domicilio, prestano la loro opera alle dipendenze o sotto la direzione altrui, con o senza retribuzione, anche allo scopo di apprendere un mestiere, un'arte o una professione (art. 3).
L'art. 7 del D.P.R. 547 impone ai datori di lavoro di attuare le misure di sicurezza previste dal decreto stesso e ***di rendere edotti i lavoratori dei rischi specifici cui sono esposti***, portando a loro conoscenza (mediante affissione o divulgazione della normativa più essenziale) le norme principali di comportamento e di prevenzione.
Il datore di lavoro deve inoltre ***esigere*** che i singoli operatori ***osservino*** le norme di sicurezza e ***usino*** i mezzi di protezione messi a loro disposizione.

Nel 1994 è entrato in vigore il **D. L. 626**
" Attuazione delle direttive della CEE riguardanti il miglioramento della sicurezza e della salute dei lavoratori sul luogo di lavoro".
Questo D.L.
- **cambia** l'organizzazione, la distribuzione e l'attribuzione delle responsabilità in materia di sicurezza;
-**stabilisce nuovi criteri**, in accordo con le direttive della CEE, di prevenzione degli infortuni e di valutazione dei rischi presenti sui luoghi di lavoro;
-**detta** nuove disposizioni sul problema della sorveglianza sanitaria di tutti i lavoratori.
Prima dell'entrata in vigore del **D. Lgs. 626** il responsabile di tutto quello che concerneva la sicurezza era il datore di lavoro, il **D.Lgs. 626** distribuisce i compiti ed attribuisce responsabilità penali a tutti i soggetti tra cui i lavoratori stessi.
Questo decreto impone al datore di lavoro di valutare i rischi presenti in azienda e, conseguentemente, di prendere opportune misure di prevenzione e protezione.
Le prime misure da attuare devono essere rivolte alla **prevenzione** dei rischi al fine di evitare che situazione di pericoli si verifichino; se non è possibile eliminare il pericolo occorre **proteggere** i lavoratori dai rischi presenti.
Questo decreto, inoltre, obbliga il datore di lavoro ad **informare, formare ed addestrare** i lavoratori sui rischi generali e specifici e sulle misure da attuare.

Per **informare** è sufficiente parlare ai lavoratori o appendere un avviso in bacheca o distribuire del materiale cartaceo; il tutto senza dover verificare l'effetto di tale informazione e l'apprendimento da parte dei lavoratori.

La **formazione,** invece, si esplica quando ci si preoccupa di formare il lavoratore ad un comportamento corretto e di controllare il raggiungimento degli obiettivi dell'apprendimento.

L'**addestramento** è obbligatorio per l'utilizzo di attrezzature di lavoro pericolose, per l'utilizzo dei DPI (dispositivi di protezione individuale) o di

sostanze pericolose e comunque per le mansioni che comportino rischi per la sicurezza e la salute. Tale istruzione di tipo prevalentemente pratico deve essere basata su specifiche istruzioni anche fornite dai fabbricanti (manuali d'uso e manutenzione).

Lo scopo dell'informazione destinata ai lavoratori è quello di informarli sui rischi, sui danni e sulle misure per minimizzarli.

IL Decreto legislativo del 9 aprile 2008, n. 81 prende in esame ***il riassetto e la riforma delle norme in materia di salute e sicurezza delle lavoratrici e dei lavoratori nei luoghi di lavoro, mediante il riordino ed il coordinamento delle medesime in un unico testo normativo.***
Il decreto ha introdotto una nuova serie di obblighi per il Datore di Lavoro ed il Dirigente, per i Preposti, per i lavoratori e gli studenti.
L'art. 2 del D. Lgs 81/08 comma 1, lettera a), definisce la figura dello studente equiparandola ad un lavoratore.

Lavoratore:
persona che, indipendentemente dalla tipologia contrattuale, svolge un'attività lavorativa nell'ambito dell'organizzazione di un datore di lavoro pubblico o privato, con o senza retribuzione, anche al solo fine di apprendere un mestiere, un'arte o una professione.
Al lavoratore così definito è equiparato l'allievo degli istituti di istruzione ed universitari ed il partecipante ai corsi di formazione professionale nei quali si faccia uso di laboratori, attrezzature di lavoro in genere, agenti chimici, fisici e biologici, ivi comprese le apparecchiature fornite di videoterminali limitatamente ai periodi in cui l'allievo sia effettivamente applicato alla strumentazione o ai laboratori in questione.

Datore di lavoro:
è il soggetto titolare del rapporto di lavoro con il lavoratore o, comunque, il soggetto che, secondo il tipo e l'assetto dell'organizzazione nel cui ambito il lavoratore presta la propria attività, ha la responsabilità dell'organizzazione stessa o dell'unità produttiva in quanto esercita i poteri decisionali o di spesa.
Il datore di lavoro provvede affinché ciascun lavoratore riceva un'adeguata informazione:
-sui rischi per la salute e sicurezza sul lavoro connessi all'attività
-sulle procedure che riguardano il primo soccorso, lotta antincendio, l'evacuazione dei luoghi di lavoro
-sui rischi specifici cui è esposto il lavoratore in relazione all'attività svolta, le normative di sicurezza e le disposizioni aziendali in materia
-sui nominativi del responsabile e degli addetti del servizio di prevenzione e protezione e del medico competente

Dirigente:
persona che, in ragione delle competenze professionali o di poteri gerarchici e funzionali adeguati alla natura dell'incarico conferitogli***, attua*** le direttive del datore di lavoro ***organizzando*** l'attività lavorativa e ***vigilando*** su di essa. Il dirigente ricopre un ruolo caratterizzato da potere decisionale, professionalità, autonomia ed esplica la sua funzione al fine di promuovere, coordinare e gestire la realizzazione degli obbiettivi dell'organizzazione.
I dirigenti sono individuati, all'interno delle strutture universitarie, nei soggetti titolari di poteri di spesa ed ai quali è affidata la gestione di spazi e personale

Preposto:
persona che, in ragione delle competenze professionali e nei limiti di poteri gerarchici e funzionali adeguati alla natura dell'incarico conferitogli, ***sovraintende*** all'attività lavorativa e ***garantisce*** l'attuazione delle direttive ricevute, ***controllandone*** la corretta esecuzione da parte dei lavoratori ed esercitando un funzionale potere di iniziativa.

Servizio di prevenzione e protezione dei rischi:
insieme delle persone, sistemi e mezzi esterni o interni all'azienda finalizzati all'attività di prevenzione e protezione dei rischi professionali per i lavoratori.

Medico competente:
medico che collabora con il datore di lavoro ed il servizio di Prevenzione e Protezione ai fini della valutazione dei rischi ed è nominato dallo stesso per effettuare la sorveglianza sanitaria e per tutti gli altri compiti di cui al presente decreto.

Il **Testo Unico sulla sicurezza sul lavoro**, D.Lgs. 81 del 9 aprile 2008, richiama i principi già apparsi sul D.Lgs. 626/1994 riguardo al rischio chimico e "definisce i criteri per una corretta **valutazione del rischio chimico** che devono essere adottati".

La sicurezza e la salute sono un diritto di tutti, che a tutti pone doveri per poter essere garantito.
I doveri competono, per quanto di pertinenza, a tutti i componenti della linea organizzativa, coinvolta in qualsiasi modo, direttamente o indirettamente, nell'esercizio dell'attività.
Spetta non solo al Direttore della Struttura, ma anche ai responsabili delle attività, ai preposti, ed ai lavoratori intesi come sopra specificato, ognuno per le proprie competenze, adoperarsi per assicurare la realizzazione ed il mantenimento delle condizioni di sicurezza.

Organigramma

Linea di Consulenza

Rettore

Datore di lavoro

Linea Operativa

Servizio di Prevenzione e Protezione

RSPP

Preside di Facoltà
Direttore di Dipartimento

Dirigente

Rappresentante dei Lavoratori

RLS

Docente, Ricerctore
Tecnico laureato

Preposto

Medico competente

Sorveglianza sanitaria

Esperto qualificato

Sorveglianza fisica

Uffici tecnici

Lavoratori
Studenti

Linea di Consulenza

Linea Operativa

Il termine SICUREZZA nella comune accezione indica una caratteristica di ciò che non presenta pericoli o ne è ben difeso.

Sicurezza significa salvaguardia dell'integrità fisica e psichica di chi lavora.

L'integrità fisica comporta:

• **assenza di incidenti**
(un infortunio è considerato un evento che inizia e si conclude, in modo più o meno violento, in un tempo brevissimo),

• **assenza di situazioni** che possano danneggiare la salute dei lavoratori(ci si riferisce allo stato di benessere fisico e psichico dell'organismo umano, sul quale influiscono generalmente situazioni protratte nel tempo).

NORME PRINCIPALI DI SICUREZZA DA SEGUIRE IN UN LABORATORIO CHIMICO

UN LABORATORIO CHIMICO PUÒ ESSERE ESTREMAMENTE PERICOLOSO PER LA PROPRIA INCOLUMITÀ E PER QUELLA DEGLI ALTRI SE NON SI PRESTANO LE DOVUTE CAUTELE. E' QUINDI EVIDENTE COME SIANO SEMPRE NECESSARIE MOLTA ATTENZIONE E GRANDE SENSO DI RESPONSABILITA'.

Le cause principali degli incidenti nei laboratori chimici sono molteplici, tuttavia possono essere sostanzialmente ricondotte alle seguenti:

1) scarsa conoscenza,
2) distrazione,
3) troppa sicurezza,
4) incoscienza

Le principali fonti e i tipi di pericolo più comuni ai quali si può andare incontro, se non si prestano le dovute attenzioni e non si opera con le opportune cautele sono:

- **manipolazione di reattivi chimici**: sostanze pericolose (tossiche, nocive, corrosive, cancerogene, capaci di provocare effetti irreversibili come avvelenamenti e intossicazioni anche mortali, capaci di esplodere, infiammabili, ecc.);
- **apparecchiature**: apparecchiature elettriche, centrifughe, agitatori e in genere parti meccaniche in movimento, sistemi a pressione e sotto vuoto, ad alte o basse temperature, ecc., possono provocare scosse, incendi, ustioni, stato di shock…, mentre l'uso di apparecchiature in vetro può presentare pericoli tipo esplosioni, ferite da taglio, schegge, ustioni;
- **strutture, locali, impianti, arredi** (scarsità o cattivo utilizzo degli spazi, affollamento, distribuzione di gas non sicura, piani di lavoro di banchi e cappe non idonee, ecc.);
- **addestramento non sempre sufficientemente adeguato** degli operatori (tra i quali personale non strutturato, studenti, tirocinanti, dottorandi, borsisti, ospiti a vario titolo).

Al fine di prevenire gli incidenti è assolutamente indispensabile che in un laboratorio chimico si operi tenendo conto di alcune fondamentali precauzioni: la maggior parte di esse sono normali norme di buonsenso, di logica e di educazione, altre sono più specifiche.
Le norme qui riportate non sono elencate necessariamente in ordine d’ importanza; inoltre è possibile che condizioni di pericolosità si possano verificare anche al di fuori dei casi qui prospettati.

■ **Mantenere ordine e pulizia nel laboratorio**. Evitare la presenza eccessiva di apparecchi, strumenti e materiali sui piani di lavoro. Rimuovere prontamente vetreria e attrezzature quando non servono più. Evitare la conservazione di prodotti chimici che non servono.

■ **Leggere preventivamente e attentamente le etichette sui contenitori**, con particolare riferimento ai simboli di pericolo, alle frasi di rischio ("frasi R") e ai consigli di prudenza ("frasi S") su esse riportati.

■ **Leggere preventivamente e attentamente le schede dati di sicurezza** (SDS) dei prodotti chimici che s’ intende utilizzare. Tali schede, che devono essere fornite dal venditore dei prodotti, devono essere a disposizione dell'utilizzatore nel laboratorio o in sua prossimità.

■ **Etichettare sempre ed in modo corretto tutti i contenitori**, in modo da poterne riconoscere in ogni momento il contenuto e la sua pericolosità.

■ Qualora s’ intenda riutilizzare un contenitore usato in precedenza con prodotti diversi da quelli che s’ intende introdurre, bonificarlo accuratamente, **rimuovere completamente l'etichetta** relativa al vecchio prodotto, ed applicare quella del nuovo.

■ **Mantenere** sempre perfettamente chiusi tutti i contenitori con prodotti chimici.

■ **Non abbandonare materiale** non identificabile nelle aree di lavoro.

■ **Non toccare** con le mani: preleva i reagenti solidi con spatole o cucchiaini.

■ **Non maneggiare** recipienti di grosse dimensioni, soprattutto se contenenti acidi o basi concentrati.

■ **Non aprire** più di un contenitore alla volta e fare attenzione a non scambiare i tappi dei vari recipienti.

■ **Adottare** sempre il criterio di sostituire ciò che è pericoloso con ciò che non lo è o che è meno pericoloso.

■ **Ricorrere sempre a dispositivi di protezione collettiva** (cappe, aspirazioni localizzate, schermi, ecc.).

■ **Lavorare** su piani di lavoro (banchi e cappe) dotati di bordi di contenimento e di materiali adatti.

■ **Usare sempre dispositivi di protezione individuale (DPI)** appropriati per ogni tipo di rischio (camici, guanti adatti per l'agente che si deve manipolare, occhiali di sicurezza, visiere, maschere adatte per l'agente da cui devono proteggere, calzature, etc.) che devono essere utilizzati correttamente e tenuti sempre in buono stato di manutenzione, notificando eventuali deficienze al proprio Responsabile.

■ **Comunicare** con le altre persone presenti nel laboratorio per avvisare della lavorazione che si effettua nel caso in cui essa presenti dei pericoli.

■ **Non introdurre** in laboratorio materiali ed oggetti estranei all'attività lavorativa.

■ **Astenersi** dal mangiare, bere, e dal detenere alimenti o bevande in laboratorio.

■ **Evitare** l'uso dei tacchi alti e delle scarpe aperte. I capelli lunghi dovrebbero essere tenuti raccolti. I gioielli, specialmente se penzolanti, (orecchini, bracciali ecc.) potrebbero rappresentare fattori di rischio.

■ **Non ostruire** i quadri elettrici ed i quadri contenenti i dispositivi di intercettazione e regolazione dei fluidi (gas da bombole, metano, acqua).

■ **Vietare** a persone non addette l'accesso a zone a rischio.

■ **Avere ben chiaro** ed in forma scritta tutto lo schema delle operazioni da svolgere prima di iniziare qualunque esperienza:
- non iniziare alcun esperimento se si ha qualche dubbio in merito
- programmare tutta la sequenza delle operazioni da svolgere e preparare ordinatamente e in tempo tutta l'attrezzatura da usare.

■ **Non lavorare da soli**, nell'area, **in situazioni a rischio** (sostanze o apparecchiature o reazioni pericolose, box per alte pressioni, celle fredde, ecc.).

■ **Non prendere mai iniziative** isolate ed alternative a ciò che l'esperimento prevede: qualunque modifica va discussa preliminarmente col docente.

■ **Non restare mai soli in laboratorio**: un incidente anche di lieve entità può diventare serio se si è soli e non s' interviene con immediatezza e decisione.

■ **Tenere pulito e in ordine il proprio banco di lavoro**: lasciare sul banco solo l'attrezzatura indispensabile per lo svolgimento dell'esperienza in corso. Alla fine dell'esperienza riporre l'attrezzatura usata dopo averla pulita. Accertarsi di aver chiuso il rubinetto dell'acqua e del gas, se sono stati usati. L'ordine e la pulizia sono elementi indispensabili per diminuire il rischio d' incidenti nel laboratorio; tenere tutto in ordine significa anche evitare che piccoli incidenti si trasformino in altri di maggiore proporzione. La pulizia e l'ordine interessano non soltanto i locali nel loro complesso ma anche i pavimenti, gli scaffali, gli spazi intorno alle docce di emergenza, ai mezzi antincendio, ai cavi, ai comandi elettrici,ecc.

■ **Usare con attenzione la vetreria**:

a) si possono prendere forti scottature perché la vetreria calda non è visivamente distinguibile da quella fredda; se la vetreria è calda, prenderla con le apposite pinze o con dei guanti sufficientemente grossi o con uno straccio o con un pezzo di carta opportunamente sagomato. Riscaldare e far raffreddare lentamente la vetreria che altrimenti potrebbe rompersi.

b) il vetro può facilmente rompersi in frammenti.
I frammenti di vetro sono molto taglienti: per raccoglierli usare le stesse precauzioni adoperate per maneggiare la vetreria calda. Se un contenitore è danneggiato non adoperarlo assolutamente ma buttarlo nell'apposito contenitore per la raccolta della vetreria rotta.

■ **Non scaldare su fiamma libera liquidi infiammabili** (esempio solventi organici): i loro gas potrebbero incendiarsi. In questi casi adoperare i mantelli riscaldanti elettrici.

■ **Non rivolgere l'apertura dei recipienti verso altre persone** perché il liquido potrebbe schizzare.

■ **Non indagare su eventuali perdite di gas usando una fiamma**: se c'è un' effettiva perdita si può generare un incendio, in questo caso usare le apposite soluzioni saponose.

■ **Prestare attenzione alle apparecchiature sotto tensione elettrica**: non toccare le strumentazioni elettriche con le mani bagnate, assicurarsi che non ci siano fili scoperti sotto tensione. In caso di potenziale pericolo staccare la corrente operando dal quadro elettrico generale la cui collocazione deve essere nota a tutti i frequentatori del laboratorio.

■ **Non tenere in tasca oggetti appuntiti o taglienti** come forbici, coltelli o tubi di vetro: in caso di urto o caduta possono diventare pericolosi.

■ **Rimanere al proprio posto e muoversi solo lo stretto indispensabile.** Ciò vale soprattutto se è in corso una reazione chimica e se si sta riscaldando qualcosa. Non girare tra i banchi e non toccare la strumentazione che non si conosce: oltre ad esser pericoloso e dannoso per se e per gli altri, tale fatto può causare inconvenienti agli altri frequentatori del laboratorio.

■ **Lavorare su quantità limitate** di sostanze per limitare i pericoli in caso d'incidente.

■ **Non appoggiare mai** recipienti, bottiglie o apparecchiature vicino al bordo del tavolo: quando meno uno se lo aspetta tendono a cadere giù.

■ **Afferrare saldamente** e con tutte le precauzioni del caso i recipienti contenenti i reattivi quando devono essere mossi da un posto ad un altro. Non tenerli distrattamente ma sostenere i recipienti mettendo una mano sul loro fondo. **Non afferrare** le bottiglie per il tappo.

■ **Tenere le apparecchiature elettriche lontane dall'acqua**: in caso di contatto delle parti sotto tensione con acqua si può prendere la scossa.

■ **Lavorare in ambienti sufficientemente arieggiati**. Molte reazioni chimiche richiedono l'uso di reattivi o sviluppano prodotti volatili pericolosi perché tossici o irritanti; è dunque necessario lavorare in ambienti in cui tali prodotti possano diluirsi a sufficienza.

■ **Non ingombrare** i passaggi né le porte né le zone in cui sono presenti i mezzi antincendio né le uscite di sicurezza. In caso di emergenza si potrebbe verificare di dover evacuare velocemente i locali.

■ **Prendere visione** della posizione del quadro elettrico principale e di quelli secondari, dei mezzi antincendio, delle porte di sicurezza, delle valvole di controllo dell'acqua e del gas: in caso di reale pericolo, se si è colti dal panico, è più difficile ragionare e trovare la loro posizione.
Farsi spiegare il funzionamento dei sistemi di sicurezza.

■ N**on cercare di nascondere** gli effetti di un incidente anche se ritenuto di lieve entità. La persona che subisce un infortunio talvolta lo sottovaluta (o lo sopravaluta) per motivi psicologici. Avvertire sempre il docente ed i colleghi vicini. Tra l'altro, il docente è obbligato per legge ad avvertire gli organi competenti in caso d' incidente.

■ A**vvertire** sempre il docente ed i colleghi vicini se si intende iniziare un'operazione che possa comportare qualche rischio potenziale.

■ **Leggere sempre con molta attenzione le etichette** dei recipienti prima di usarne il contenuto. Essere assolutamente certi dell'identificazione della sostanza presente nel recipiente.
Manipolare o mescolare sostanze incognite può essere estremamente pericoloso. Ogni recipiente deve portare un' etichetta che identifichi inequivocabilmente il suo contenuto almeno con il nome e/o la formula e le precauzioni d'uso.
<u>In caso di dubbio non usare assolutamente il contenuto di un recipiente</u>

■ **Lavorare sotto la cappa aspirante** indossando anche gli occhiali di sicurezza soprattutto quando si usano sostanze pericolose, tossiche, solventi organici, acidi e/o alcali concentrati, o si seguono reazioni che sviluppano gas tossici o maleodoranti o che siano esotermiche o potenzialmente esplosive.

■ **Avvertire** sempre preventivamente l'insegnante e i colleghi se si è allergici a certi prodotti chimici. Ad esempio talune persone manifestano allergia all'aspirina e ad i suoi precursori e derivati.

■ Se per qualunque motivo si avverte un senso di malessere, **allontanarsi immediatamente** dal banco di lavoro avvertendo i colleghi vicini e il docente.

■ **Non usare** i recipienti adoperati per gli esperimenti per introdurvi cibi o bevande: non è detto che essi siano perfettamente puliti, inoltre certi residui

chimici possono essere assorbiti dal vetro e rilasciati lentamente dopo qualche tempo.

■ **Non fumare:** può essere causa di incendi dato che molti solventi organici sono infiammabili.

■ **Non assaggiare**, né toccare assolutamente i reattivi con le mani né annusarli: numerose sostanze sono irritanti, caustiche, velenose e possono anche essere assorbite dalla pelle. Gli effetti possono manifestarsi anche dopo qualche tempo.

■ **È tassativamente vietato** prelevare liquidi con pipette aspirando con la bocca; usare sempre propipette automatiche o aspiratori di gomma; il liquido potrebbe finire in bocca, soprattutto se nella pipetta si formano bolle d'aria, con conseguenze potenzialmente drammatiche.

■ **Lavarsi frequentemente e accuratamente le mani**: spesso inavvertitamente, nonostante le precauzioni, si tocca qualche residuo che poi potrebbe venire a contatto con la bocca o gli occhi dando irritazioni o peggio.

■ **Evitare** il più possibile l'**affollamento** di operatori o altre persone nei laboratori.
In caso eccezionale di particolare affollamento, coordinare i propri movimenti con quelli di altri esecutori.

■ **Evitare interferenze**. Anche lo spazio dietro le spalle dell'operatore deve essere adeguato. Unico riferimento di legge con indicazioni quantificate è il D.P.R. 303/56, art. 6, che definisce valori minimi per l'altezza dei locali, per la cubatura e per la superficie, riferiti a ciascun lavoratore presente. Per assicurare il valore più restrittivo risultante dall'altezza di fatto esistente, in ciascun ambiente occorre attenersi ad una disponibilità di spazio totale lordo per ogni lavoratore occupato corrispondente ad una superficie di almeno 2 m^2 ed una cubatura non inferiore a 10 m^3.

■ Quando si prepara una soluzione diluita di un acido o di un idrossido, partendo da acidi o idrossidi concentrati, aggiungere questi all'acqua lentamente ed agitando in continuazione e mai il contrario: prestare massima attenzione soprattutto quando si ha a che fare con H_2SO_4 concentrato o con NaOH o KOH solidi; quando questi composti vengono mescolati con H_2O si sviluppa una grande quantità di calore ed in conseguenza di ciò la soluzione si riscalda molto velocemente (reazione esotermica). Attenzione: la soluzione può raggiungere il punto di ebollizione quasi istantaneamente e mettersi a schizzare pericolosamente.

■ Premesso che non si deve inquinare l'ambiente, **i rifiuti e gli scarti devono essere raccolti in maniera differenziata** per il loro successivo smaltimento.
- I rifiuti di tipo comune come carte, stracci, guanti monouso, purché non sporchi di reattivi chimici pericolosi, vanno gettati in appositi contenitori non troppo grandi per evitare pericolosi accumuli.
- I residui della vetreria rotta vanno messi in un contenitore a parte per essere smaltiti dopo essere stati ben puliti (Attenzione a non tagliarsi).
- I residui dei solventi vanno raccolti assieme per essere eventualmente distillati e riciclati.
- I residui dei prodotti chimici possono essere messi assieme agli altri scarti solo dopo che ci si è accertati che non possano dar luogo a reazioni esotermiche e nocive.
- Gli scarti infiammabili vanno raccolti in contenitori appositi per poter essere o recuperati o successivamente bruciati all'aria aperta o negli inceneritori adatti.
- I solventi alto bollenti e poco infiammabili possono essere messi in larghi recipienti e lasciati evaporare all'aria: ciò vale soprattutto per i solventi organici immiscibili con H_2O e di alta densità che se fossero gettati nel lavandino non verrebbero diluiti dall'H_2O ma resterebbero nei giunti a gomito dei tubi di scarico concentrandosi pericolosamente e corrodendo gli scarichi stessi.
- Gli acidi e le basi possono essere gettati negli scarichi solo dopo loro diluizione con molta acqua, in piccole porzioni e facendo poi scorrere altra acqua a lungo per evitare reazioni esotermiche e la corrosione dei tubi dello scarico.

- Le sostanze nocive devono essere neutralizzate con opportuni reagenti, quindi bruciate o sotterrate in discariche speciali autorizzate.

- Le sostanze che reagiscono violentemente con H_2O (come i metalli alcalini e gli idruri) vanno distrutte con reagenti opportuni. (Esempio: Na viene distrutto con etanolo o metanolo).

- Particolari norme sono prescritte per l'eliminazione di sostanze particolarmente pericolose come l'amianto (noto cancerogeno) e per l'uso, la detenzione e l'eliminazione di sostanze radioattive.

E’ importante assumere **un’attitudine positiva verso la sicurezza** da parte di tutti coloro che operano in laboratorio. In mancanza di quest’attitudine la gran parte degli sforzi per ridurre incidenti e danni di laboratorio saranno vanificati.

ATTITUDINE POSITIVA VERSO LA SICUREZZA

significa:

-Prevedere un piano di prevenzione del rischio da adottare prima di qualsiasi operazione

-Evitare inutili esposizioni ai prodotti chimici

DISPOSITIVI DI PROTEZIONE INDIVIDUALI (DIP)

I DIP sono i mezzi di protezione individuali per il corpo.
Questi vanno scelti in base al tipo ed alla qualità di sostanza aggressiva che verrà impiegata. Documentarsi quindi preventivamente sui dati di pericolosità riportati in letteratura, è un mezzo molto valido per pianificare il lavoro e la prevenzione ed è anche molto utile per predisporre i mezzi protettivi necessari.
I mezzi di protezione d' impiego normale sono:

Camice

Il camice è l'indumento protettivo più comune in laboratorio e deve essere tale da poter essere sfilato rapidamente per es. nel caso in cui sia inzuppato di un solvente infiammabile.

Occhiali

Si possono usare occhiali a stanghetta per operazioni normali e occhiali a tenuta quando si prevedono investimenti da spruzzi o polveri nocive presenti nell'ambiente. In casi particolari può essere conveniente l'uso dello schermo facciale. Le lenti a contatto non costituiscono alcuna sicurezza anzi il loro uso, anche sotto gli occhiali di protezione, è pericoloso per chi lavora con composti chimici.
N.B. Gli occhiali da vista NON proteggono adeguatamente gli occhi: occorre indossare gli occhiali protettivi sopra quelli da vista.

Guanti

Il termine guanti è molto generico, essi sono primariamente il mezzo protettivo specifico per le mani, ma sono anche un mezzo di lavoro in condizioni disagiate. Per questo motivo ne esistono di vario tipo per soddisfare in modo migliore tutte le esigenze: leggeri in gomma lattice, in polietilene, in PVC, o pesanti in PVC, gomma, neoprene, cuoio, ecc. Bisogna usare quindi il tipo di guanto adatto per ogni bisogno e considerarli alla stregua dei propri indumenti personali, avendo per essi le stesse cure che si

hanno per gli indumenti, per evitare, nel caso in cui fossero usati da tutti, possibili contaminazioni. Anzi quando i guanti sono contaminati in modo irreversibile, devono essere distrutti per impedire che da mezzi protettivi si trasformino in mezzi di propagazione della contaminazione. Quando s' indossano i guanti si perde in sensibilità al tatto per cui non usare mai quanti spessi per lavori delicati. L'uso prolungato dei guanti porta inavvertitamente a comportarsi in maniera normale, cioè come se non si indossassero e si avessero le mani pulite anche se i guanti sono contaminati. Si possono allora contaminare i flaconi dei reagenti, gli interruttori, i rubinetti del gas, le maniglie delle porte e così via, che, maneggiati poi a mani nude da altri, possono causare ustioni, intossicazioni, ecc.
E' necessario quindi, quando si portano i guanti che questi siano immediatamente ripuliti in caso di contatto con sostanze chimiche, ricorrendo eventualmente all'aiuto di altri per far girare il rubinetto, per aprire la porta ecc. quando si sia nell'impossibilità di pulirli.

Maschere antipolveri

Le maschere antipolveri hanno il compito di difendere dall'inspirazione delle polveri il cui effetto meccanico è nocivo. Raro è il caso di polveri tossiche nel laboratorio mentre a livello industriale, la legislazione del lavoro considera cancerogeni alcuni composti del nichel e l'arsenico se presenti in polvere impalpabile. Comunque anche in laboratorio, quando si lavori con polveri fini in quantità discreta, oltre alle normali precauzioni di lavoro (cappe e aspiratori) è sempre opportuno proteggersi con un'adatta maschera antipolvere. Ne esistono in commercio di vari tipi con filtri a porosità crescente in grado di trattenere fino a 0,1 mg/mc di solidi.

Maschere antigas

Servono a proteggersi da concentrazioni limitate di gas vapore.
Ne esistono di vari tipi e fogge e per ogni tipo è possibile scegliere il filtro adatto per ogni gas e vapore. In genere possono essere usate quando il gas tossico non supera una concentrazione nell'aria del 2-3%, ma la concentrazione dell'ossigeno nell'aria non deve essere inferiore al 18%. Ovviamente è necessario conoscere con quale agente tossico si ha a che fare per preparare montato il filtro adatto. Esistono però anche filtri "universali", multistrati da poter utilizzare quando non sia ben nota la natura del tossico. Si

dovrebbe pertanto disporre della serie completa dei filtri e per ogni filtro conoscere la data di scadenza ed il grado di utilizzazione. Conoscere il grado di utilizzazione è importante per non montare un filtro prossimo all’esaurimento o che non darebbe protezione; la data di scadenza è riportata sul filtro.

Apparecchi per il lavaggio degli occhi

Docce di sicurezza

Coperta (normale e/o antifiamma)

Indossare sempre i dispositivi di protezione individuali (DIP) !!!

Prima di iniziare qualsiasi attività in laboratorio bisogna quindi mettersi nella condizione di proteggersi adeguatamente:

▲ Indossare **sempre** il camice: rappresenta una protezione da incendi e sostanze pericolose.

▲ Indossare gli occhiali di sicurezza: gli occhi sono la parte più delicata del corpo e vanno difesi con occhiali di plastica resistente agli urti che vanno indossati sempre perché eventuali lesioni possono derivare non solo quando si compiono manipolazioni pericolose ma anche come conseguenza di operazioni pericolose compiute da altre persone. Si deve prestare particolare attenzione soprattutto quando si opera con prodotti potenzialmente tossici, infiammabili, esplosivi o che possono sprigionare vapori anche solo irritanti.

▲ Indossare guanti protettivi quando si opera con sostanze pericolose. Attenzione che, soprattutto se sono bagnati, possono essere scivolosi per cui è più facile perdere la presa.

▲ Indossare scarpe grosse e resistenti in modo da proteggere i piedi dalla caduta accidentale di reattivi e recipienti. Non indossare i sandali senza le calze.

▲ Chi porta i capelli lunghi cerchi di raccoglierli, ad esempio con un nastro, per minimizzare il pericolo di impigliarsi, o di rovinarli con qualche reattivo o di farli cadere in qualche recipiente o, peggio, di bruciarli.

▲ In presenza di gas, polveri o fumi particolarmente nocivi, o comunque quando non conosca la natura del gas presente nell’aria, occorre usare maschere antigas.

▲ In presenza di polveri durante le operazioni di macinazione, frantumazione, ecc. usare le maschere antipolvere.

L’uso di tutti i mezzi protettivi deve essere **continuo e sistematico** e, visto che talvolta danno noia, non deve essere considerato un mezzo a cui ricorrere solo in caso di estrema necessità.
Proprio perché se ne deve fare un uso continuo, indumenti di lavoro e mezzi protettivi di vario genere vanno sempre mantenuti efficienti, prevedendo per essi controlli periodici ed eventuali sostituzioni e riparazioni proprio come si fa con la vetreria e le altre attrezzature di laboratorio.
Si deve perciò **procedere alla loro bonifica subito dopo l’uso e se necessario al ripristino della loro efficienza, magari mediante sostituzione.**
Per essi inoltre devono essere previsti spazi appositi o armadi per la conservazione, il cui accesso non deve essere mai ostruito, contrassegnati in modo evidente, noti a tutti gli operatori del laboratorio.
Si rammenti che, soprattutto quando si compiono delle azioni ripetitive ed apparentemente noiose, anche se si stanno adoperando sostanze ed apparecchiature pericolose, si tende ad abbassare il proprio livello di attenzione ed a sopravvalutare le proprie capacità ed esperienza.

È OBBLIGATORIO TENERE UN QUADERNO DI LABORATORIO

Anche questa è una norma di sicurezza in laboratorio.

■ Deve essere un quaderno del tipo a fogli fissi e non volanti.

■ Datare e numerare tutti i fogli che si usano: non adoperare mai fogli singoli che hanno la tendenza ad andare persi.

■ Scrivere tutte le proprie osservazioni ordinatamente come in un diario, in modo che si possa sempre ricostruire, anche a distanza di tempo, la sequenza di ciò che si è fatto in ogni momento.

■ Usare tale quaderno anche per i calcoli in brutta copia: in caso di errore non cancellare ciò che si è scritto ma semplicemente tagliare sbarrare in modo che si possa eventualmente rileggere.

■ Eseguire le esperienze solo dopo aver scritto, capito e discusso criticamente ciò che si vuol fare.

■ Le note devono essere scritte in modo che chi legge sia in grado di ricostruire e ripetere l'esperienza fatta.

■ Più si è ordinati prima e meno fatica si farà dopo in fase di rielaborazione e studio!

DISPOSITIVI DI PROTEZIONE COLLETTIVA: LE CAPPE CHIMICHE

Le cappe di aspirazione da laboratorio sono considerate lo strumento principale per la protezione sia dai rischi di incendio ed esplosione causati da reazioni chimiche incontrollate, sia dal rischio legato alla tossicità delle sostanze chimiche utilizzate. Esse costituiscono quindi il sistema più importante di protezione collettiva nei laboratori, l'installazione di questi dispositivi permette di isolare l'emissione di inquinanti e di intervenire alla fonte del rischio. La cappa rappresenta normalmente la zona di maggiore pericolo in un laboratorio e quindi deve rispondere a dei requisiti di sicurezza definiti nelle normative tecniche (Norma UNI EN 14175), deve essere periodicamente controllata e mantenuta efficiente.
Le cappe utilizzate nei nostri laboratori sono cappe chimiche ad espulsione d'aria.
Le cappe chimiche ad espulsione d'aria si compongono essenzialmente di una cabina, un condotto di aspirazione ed un elettroventilatore, gli inquinanti aspirati sono convogliati all'esterno con o senza depurazione (filtraggio). Gli elettroventilatori devono essere costruiti in modo da avere un'elevata resistenza chimica e meccanica rispetto ad un ampio spettro di composti (acidi, basi, solventi organici, ecc.) e devono essere in grado di sopportare alte temperature.
La sistemazione dei condotti di espulsione deve essere effettuata in modo che l'elettroventilatore sia il più possibile in vicinanza del camino di scarico, in modo che le tubazioni si mantengono per la massima parte in depressione: ciò impedisce in particolare nel caso di fessurazione, la fuoriuscita di inquinanti dalla tubazione stessa ed il loro rientro nei locali. Inoltre, il distanziamento dell'elettroventilatore dal laboratorio consente di eliminare il rumore e le vibrazione del motore.

SEGNALETICA DI SICUREZZA

Si intende per segnaletica di sicurezza, una segnaletica che, riferita ad un oggetto, ad una attività, o ad una situazione determinata, fornisce una indicazione o una prescrizione concernente la sicurezza o salute sul luogo di lavoro. La segnaletica di sicurezza utilizza, a secondo dei casi, un cartello, un colore, un segnale, luminoso o acustico, una comunicazione verbale o un segnale gestuale.
Scopo della segnaletica di sicurezza quindi è quello di attirare in modo rapido e facilmente comprensibile l’attenzione su oggetti e situazioni che possono provocare determinati pericoli, ed in particolare:

■ Vietare comportamenti pericolosi;

■ Avvertire di un rischio o di un pericolo le persone esposte;

■ Fornire indicazioni relativi alle uscite di sicurezza e ai mezzi di soccorso o di salvataggio;

■ Prescrivere comportamenti sicuri ai fini della sicurezza;

■ Indicare ulteriore elementi di prevenzione e sicurezza.

Cartelli di divieto

● forma rotonda;
● pittogramma nero su fondo bianco; bordo e banda (verso il basso da sinistra a destra lungo il simbolo, con un inclinazione di 45°) rossi (il rosso deve coprire almeno il 35% della superficie del cartello).

Alcuni esempi di divieto

IN QUESTO REPARTO È VIETATO FUMARE

VIETATO FUMARE E USARE FIAMME LIBERE

VIETATO TRASPORTARE E SOLLEVARE PERSONE

VIETATO ARRAMPICARSI SUGLI SCAFFALI

Cartelli antincendio

- forma quadrata o rettangolare;
- pittogramma bianco su fondo rosso.

Cartelli di avvertimento

● forma triangolare;
● pittogramma nero su fondo giallo, bordo nero (il giallo deve coprire almeno il 50 % della superficie del cartello).

Alcuni esempi di pericolo

PERICOLO RADIAZIONI IONIZZANTI

ATTENZIONE AI CARICHI SOSPESI

ATTENZIONE PASSAGGIO CARRELLI

PERICOLO CORRENTE ELETTRICA

Cartelli di prescrizione o obbligo

● forma rotonda;
● pittogramma bianco su fondo azzurro (l'azzurro deve coprire almeno il 50 % della superficie del cartello

Cartelli di salvataggio

● forma quadrata o rettangolare;
● pittogramma bianco su fondo verde (il verde deve coprire almeno il 50 % della superficie del cartello).

CLASSIFICAZIONE DELLE SOSTANZE CHIMICHE IN BASE ALLA LORO PERICOLOSITÀ

Una delle regole più importanti da seguire per lavorare in un laboratorio chimico in sicurezza è conoscere il prodotto chimico che si sta manipolando. Dietro al termine "conoscere" si nasconde in realtà la nostra capacità

- di identificarlo chiaramente,
- di essere a conoscenza delle proprietà della classe di composti a cui appartiene,
- di saper leggere velocemente l'etichetta che lo contraddistingue e più attentamente la scheda di sicurezza che lo accompagna.

La maggior parte delle sostanze chimiche presenta un grado più o meno elevato di pericolosità che è legato alle loro proprietà chimico-fisiche. Qualora non se ne conosca con certezza la innocuità, sia da sola che in combinazione con altre sostanze o agenti esterni, ogni sostanza deve essere considerata pericolosa, dannosa per la salute e trattata con grande precauzione.
Le sostanze possono essere considerate pericolose sia per reazione con altre o con agenti esterni (infiammabilità, esplosione, ecc.) sia che per la loro stessa nocività.
L'azione nociva può esercitarsi attraverso l'ingestione, il contatto cutaneo e, principalmente e più frequentemente, l'inalazione.

L'***ingestione*** può essere evitata nei seguenti modi:
■ non fumare o mangiare nei laboratori
■ non bere dai recipienti di laboratori
■ lavarsi bene le mani e la faccia al termine di ogni lavoro
■ non asciugarsi agli indumenti da lavoro indossati
■ non pipettare mai liquidi mediante aspirazione con la bocca, a meno che non si tratti di liquidi perfettamente innocui.

Il ***contatto cutaneo*** può causare semplici irritazioni, dermatiti o ustioni chimiche.
E' utile ricordare che le sostanze organiche come fenolo, anilina, toluidina, ecc. ed inorganiche quali sali di metalli (arsenico, berillio,vanadio, cromo,

mercurio,ecc.) danno rapido assorbimento attraverso la pelle con conseguente avvelenamento.
E' utile anche ricordare che alcune sostanze organiche, in particolare le ammine aromatiche, sono cancerogene.
Per evitare il pericolo di assorbimento attraverso la pelle è necessario l'uso, durante il lavoro, di guanti di gomma sottili e lavare, dopo ogni esperimento, ogni parte del corpo che sia venuta in contatto con queste sostanze.

L'***inalazione*** di aria inquinata da gas, fumi, nebbie o polveri può causare intossicazioni più o meno acute, nonché irritazioni delle vie respiratorie e degli occhi. Quando si ha a che fare con sostanze tossiche o infiammabili è necessario operare sotto cappa e con gli sportelli chiusi. La ventilazione dei locali interessati deve essere molto efficiente e, nei casi in cui la concentrazione delle sostanze può essere elevata, è indispensabile operare con maschere antigas dotate di filtro specifico

Quando si intende compiere una operazione che coinvolga la manipolazione di reattivi e prodotti chimici è fondamentale conoscere approfonditamente le loro proprietà chimico-fisiche per poter prevedere quali particolari precauzioni devono essere osservate per lavorare in sicurezza.
Le informazioni di natura chimico-fisica possono essere desunte dalle etichette che **devono esser sempre presenti** sui contenitori.

Il metodo di prevenzione migliore è sempre l'informazione.

Tutte le sostanze chimiche sono identificabili oltre che dal loro nome IUPAC (International Union of Pure and Applied Chemistry) anche dal CAS number . Il CAS number è un identificativo numerico che individua in maniera univoca un composto chimico. Il Chemical Abstract Service (CAS), una divisione della American Chemical Society, assegna questi identificativi ad ogni sostanza chimica descritta in letteratura.
Il CAS number è costituito da tre sequenze di numeri separati da trattini. Il primo gruppo è costituito da un numero variabile di cifre, fino a 6, il secondo da due cifre, mentre il terzo ed ultimo gruppo è costituito da una singola cifra che serve da codice di controllo. I numeri sono assegnati in ordine progressivo e non hanno quindi nessun significato chimico.
La legge prevede che sulle etichette siano riportati almeno i seguenti dati:
1) nome della sostanza,
2) nomi del produttore e del distributore,
3) simboli ed indicazioni di pericolo, frasi di rischio (R) e consigli di prudenza (S).

Esempio semplificato di una etichetta:

CARLO ERBA REAGENTI - Montecatini group
Alcol Metilico RPE per analisi
CH_3OH
M = 32.042, purezza 99.9%, punto di eb. 64.6 °C, densità $d^{20°}$ (a 20 °C) 0.7919, indice di rifrazione $n^{20°}$ (a 20 °C) 1.3288

Impurezze max %			
acidità da acido formico	0.0015	metalli pesanti	0.00005
composti carbonilici	0.0001	H_2O	0.05
cloruri	0.0005	miscibilità con H_2O	completa
colore	0.00005	......	.....
alcol etilico	0.02	.....	....

Attenzione: altamente infiammabile. Tossico per inalazione e ingestione. Conservare fuori della portata dei bambini. Conservare il recipiente ben chiuso. Conservare lontano da fiamme e scintille. Non fumare. Evitare il contatto con la pelle.
R: 11-23/25; S 2-7-16-24.

Per soddisfare le molteplici esigenze da parte dell'industria e della ricerca, le ditte produttrici mettono in commercio più campioni, con grado diverso di purezza e di costo, di uno stesso reattivo; pertanto, ad esempio la ditta Carlo Erba produce una quindicina di tipi diversi di alcol metilico, ciascuno con diverso grado di purezza che è identificato da una sigla: nella tabella seguente sono riportate alcune sigle di uso corrente assieme alla loro definizione ed all'uso principale del reattivo che la porta.

SIGLA	DEFINIZIONE	USO PRINCIPALE
RPE	Reagente di grado analitico	Per analisi ed usi scientifici generali

RS	Reagente speciale	Per applicazioni speciali con garanzia di alta purezza
RHP	Reagente di grado farmaceutico	Conforme alle specifiche delle diverse farmacopee
RE	Reagente di grado industriale	Sintesi e usi diversi

Se la sostanza è potenzialmente pericolosa allora deve essere posta in recipienti adatti la cui etichetta deve riportare tra l’altro dei simboli internazionali accompagnati da lettere (Consiglio d'Europa, Strasburgo 1965 e leggi successive) che indicano il tipo di rischio caratteristico di quella sostanza chimica e che sono di seguito riportati.

Secondo le norme CEE le sostanze pericolose sono divise in otto categorie principali che sono a loro volta suddivise in due gruppi di diversa pericolosità.

SOSTANZE PIÙ PERICOLOSE

ESPLOSIVE E

TOSSICHE T

COMBURENTI O

CORROSIVE C

INFIAMMABILI F

RADIOATTIVE R

SOSTANZE UN PO' MENO PERICOLOSE DELLE PRECEDENTI

NOCIVE Xn

IRRITANTI Xi

Vengono di seguito riportate alcune norme e precauzioni per l'uso e lo stoccaggio delle sostanze appartenenti a ciascuna delle otto categorie.

Ricordarsi che prevenire è molto meglio che curare !!!

SOSTANZE ESPLOSIVE (E)

Sono classificate come tali le sostanze che possono esplodere in determinate condizioni sperimentali, in particolare per esposizione a fonti di calore, e che sono più sensibili del nitrobenzene agli urti ed agli attriti.
Esplosione: reazione chimica o cambiamento di stato che avviene in un intervallo di tempo molto breve e che genera un notevole innalzamento di temperatura e generalmente una grande quantità di gas.
La sua pericolosità è principalmente data da:
1) vampata di calore che può provocare:
a) ustioni anche molto gravi,
b) l' incendio di vapori, liquidi e solidi,
c) la fusione e la sublimazione dei solidi,
d) l'espansione dell'aria con onda d'urto,
e) lo spostamento ad alta velocità di corpi solidi;

2) produzione incontrollata di sostanze nocive a causa dell'alta temperatura che si sviluppa.

Attenzione: alcuni reattivi, di per sé non esplosivi, tendono a decomporsi per dare sostanze esplosive per semplice esposizione all'aria ed alla luce: per questo caso bisogna prestare particolare attenzione ai prodotti ossigenati come i perossidi (H_2O_2 ad esempio), ed ai solventi organici come etere dietilico, etere diisopropilico, tetraidrofurano.
Alcune sostanze quando sono seccate possono esplodere molto facilmente.
- possono esplodere per semplice urto: perclorato di ammonio, acido picrico, 2,4-dinitrofenilidrazina, dicromato di ammonio, 2,3,6-trinitrofenolo, ...
Certe sostanze di per sé non pericolose lo possono diventare se vengono mescolate con altre: prestare dunque particolare attenzione quando si eliminano i rifiuti versandoli nel lavandino o negli appositi contenitori.
Ad esempio, se si gettano nel lavandino residui di acetone (solvente molto infiammabile, di larghissimo uso industriale, adoperato anche per asciugare

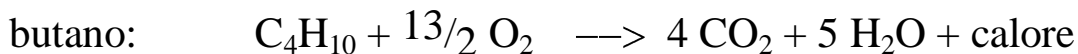
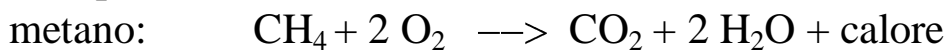
velocemente la vetreria in laboratorio), assicurarsi di far scorrere molta acqua per lavare bene gli scarichi ed evitare la formazione di vapori infiammabili ed esplosivi.
 - **Possono esplodere se mescolati con combustibili**: i perclorati di Na, K, Mg, Ba, i nitrati, i bromati, i persolfati di Na e K, il perossido di benzoile, etc,.....
 - **Possono esplodere per semplice riscaldamento**: acido perclorico, perclorati, azidi, ipocloriti organici, diazo composti, N-cloroammine,...

◄ Si deve cercare di evitare l'uso delle sostanze esplosive e quando non se ne può proprio fare a meno, usarne la quantità minore possibile.

◄ Prestare nel loro uso, grandissima attenzione ed adoperare tutti gli accorgimenti necessari, maneggiarle sotto cappa indossando occhiali ed usando schermi protettivi.

◄ Le sostanze esplosive vanno tenute in locali isolati, arieggiati e lontani da quelli in cui sono conservate le sostanze infiammabili.

SOSTANZE INFIAMMABILI (F)

Si definisce combustione la reazione spontanea ed esotermica nella quale una sostanza riducente (il combustibile) reagisce con un ossidante (il comburente che di solito è l'O_2 presente nell'aria) e viene parzialmente o completamente ossidata da questi.
Ad esempio nella combustione degli idrocarburi contenenti C e H si formano sempre come prodotti CO_2 e H_2O e calore: benché la reazione sia spontanea ($\Delta G < 0$) tuttavia è talvolta necessario innescarla (ad esempio riscaldando con la fiamma di un fiammifero) perché l'energia di attivazione è piuttosto elevata:
esempi
metano: $CH_4 + 2\ O_2 \longrightarrow CO_2 + 2\ H_2O$ + calore
butano: $C_4H_{10} + {}^{13}/_{2}\ O_2 \longrightarrow 4\ CO_2 + 5\ H_2O$ + calore

Il fenomeno, dunque, avviene solo se sono co-presenti 3 distinti fattori:

1) combustibile (riducente);

2) comburente (un ossidante come O_2);

3) sorgente di accensione con temperatura sufficiente a superare l'energia di attivazione e quindi ad innescare la reazione (fiamma libera, urto, sfregamento, scintilla, riscaldamento, luce, ...).

Esistono varie categorie di sostanze infiammabili:

a) solidi che s'infiammano per accensione e che continuano a bruciare anche se la sorgente di accensione viene allontanata.

b) liquidi con temperatura di infiammabilità < 21 °C.

c) gas che si infiammano per semplice contatto con l'aria a pressione atmosferica (1 atm).

d) sostanze che a contatto con aria umida o con H_2O danno gas infiammabili (esempio Na, K).

Tutte queste sostanze vanno tenute lontano da fonti di calore, fiamme o scintille, aria (c) ed umidità (c e d). Vanno conservate in recipienti chiusi e riempiti per non più di 3/4 del loro volume totale e posti in ambienti ben ventilati.

L'infiammabilità è caratterizzata da tre parametri:

1) ***Punto di infiammabilità*** **(*flash point*)**: è la temperatura minima alla quale, a pressione di 1 atm, la sostanza produce vapori in una quantità tale da dare una miscela con l'aria che in contatto con una scintilla o una fiamma può infiammarsi o esplodere.

2) ***Temperatura di ignizione o autoaccensione (ignition temperature)***: è la temperatura minima richiesta per iniziare e auto-sostenere la combustione di una miscela dei vapori della sostanza, indipendentemente dalla sorgente di calore.

3) ***Campo di infiammabilità*****:** intervallo di composizione della miscela aria - sostanza in cui quest'ultima è infiammabile.

Particolarmente pericolose sono le sostanze che hanno flash point al di sotto della temperatura ambiente: queste non devono essere mai lasciate allo scoperto se non in presenza di adeguata ventilazione.
È buona norma di sicurezza tenere in laboratorio solo la quantità minima indispensabile di prodotti infiammabili.
Le sostanze infiammabili vanno riscaldate o evaporate con estrema cautela, sempre sotto cappa e ben lontano dalle fiamme libere, da scintille, da motori elettrici e da piastre molto calde.

Certe sostanze si ossidano all'aria fino a raggiungere spontaneamente la temperatura di ignizione: ad esempio P bianco, PH_3: queste sostanze vanno conservate in atmosfera di gas inerte (N_2 o Ar).
I metalli alcalini (Na, K, Li) ed alcuni idruri metallici vanno tenuti rigorosamente lontani dall'acqua e dall'umidità perché reagiscono molto violentemente con essi formando H_2 che si può incendiare per il calore della reazione.
In tabella sono riportati il punto di infiammabilità, la temperatura di ignizione ed il campo di infiammabilità per alcuni solventi di comune reperibilità nei laboratori.

specie	p. infiammabilità °C	T ignizione°C	c. infiammabilità %
acetone	-17	537	2.6 - 12.8
etere dietilico	-29	180	1.8 - 48.0
etanolo	14	425	3.5 - 15.0
metanolo	10	464	7.3 - 36.0
benzene	-11	562	1.4 - 8.0
toluene	4.4	536	1.4 - 6.7

Dalla tabella si evince che l'etere dietilico è tra i solventi più pericolosi dal punto di vista dell'infiammabilità.

SOSTANZE COMBURENTI O OSSIDANTI (O)

Provocano una reazione esotermica quando vengono a contatto con altre sostanze soprattutto se infiammabili: possono incendiare le sostanze combustibili.
Esempi di comburenti:
O_2 puro o in miscela nell'aria, nitrati, clorati, ...
Valgono le stesse norme valide per le sostanze infiammabili e vanno tenute ben lontano da quest'ultime, in ambienti esterni resistenti all'esplosione.

SOSTANZE TOSSICHE (T)

Sono sostanze che a seguito di ingestione o inalazione o assorbimento attraverso la pelle possono essere causa di gravi danni alla salute ed anche di morte. Molte sostanze sono tossiche, tuttavia l'entità dei loro effetti sull'organismo dipende fortemente da alcuni fattori qui sotto elencati:

1) natura della sostanza;

2) quantità introdotta nell'organismo;

3) intervallo di tempo di contatto con la sostanza.

Sono stati definiti i valori limite di esposizione a molte sostanze in base a dati epidemiologici e di laboratorio.

TLV (Treshold Limit Value): è la massima concentrazione di una certa sostanza alla quale una persona può esser esposta giornalmente (per 8 ore) o settimanalmente (40 ore) senza risentire di alcun danno.

TLV-STEL (Short Term Exposure Limit): è la massima concentrazione di una certa sostanza alla quale una persona può esser esposta per un tempo di 15 minuti al massimo senza risentire di alcun danno. Talora tali limiti sono superabili se poi la persona rimane a lungo lontano dall'esposizione a tale sostanza in modo che il suo organismo abbia il tempo per smaltirla.

TLV - C (Ceiling): è la concentrazione che non deve mai essere superata in ogni caso.

Un' esposizione troppo lunga a certi prodotti chimici (esempio solventi organici come benzene o Pb e Hg) può causare degli avvelenamenti cronici che rientrano nelle malattie professionali. Gli effetti nocivi di tali sostanze sono talora avvertibili solo a lunga scadenza, quando il danno è ormai irreparabile. Si comprende dunque come in questi casi la prevenzione risulta essere la migliore soluzione.

- Seguire rigorosamente le istruzioni riportate sulle etichette dei contenitori.
- Evitare di respirare i vapori, di toccare e di ingerire tali sostanze.
- Lavorare in ambienti ben ventilati o meglio sotto la cappa, in casi particolarmente pericolosi si richiede l'uso della maschera antigas.
- Usare gli occhiali protettivi ed i guanti.
- Lavarsi spesso le mani con acqua e sapone, non usare solventi organici per pulirsi da una eventuale contaminazione, perché questi potrebbero sciogliere la sostanza e disperderla facilitando il suo assorbimento attraverso la pelle. Accertarsi che ogni eventuale residuo sia stato eliminato dai recipienti e dal banco di lavoro.
- Le sostanze tossiche devono essere conservate in recipienti sigillati posti in armadi chiusi a chiave e con l'indicazione del pericolo molto ben visibile.

SOSTANZE CORROSIVE (C)

Sono quelle sostanze che esercitano azione distruttiva sui tessuti vivi e sulle attrezzature: non respirare i vapori, evitare assolutamente il contatto con la pelle, gli occhi e la bocca.
Rientrano in questa categoria tutti gli acidi e gli alcali concentrati più comuni: esempio H_2SO_4, HNO_3, HCl, HF, $HClO_4$, NaOH, KOH, LiOH, CaO, NH_3,...
E' obbligatorio l'uso degli occhiali di protezione, e dei guanti. Se sono volatili usare la cappa aspirante.
Vanno conservate in recipienti chiusi e di materiale in ogni caso opportuno. Ad esempio NaOH si conserva in recipienti di plastica e non di vetro che viene intaccato.

SOSTANZE RADIOATTIVE (R)

Sono capaci di emettere radiazioni ionizzanti. Esistono norme di legge molto severe e specifiche per la loro conservazione, manipolazione e smaltimento. Gli operatori devono essere muniti di opportuni dosimetri personali e gli ambienti devono possedere sistemi di isolamento adeguati: la contaminazione ambientale può essere catastrofica e gli effetti a lungo e breve termine mortali.

SOSTANZE NOCIVE (Xn)

In seguito ad inalazione, ingestione o assorbimento cutaneo provocano danni limitati. E' necessario seguire le prescrizioni riportate nelle etichette e seguire le indicazione date per l'uso delle sostanze corrosive. Ad esempio è nocivo $KMnO_4$.

SOSTANZE IRRITANTI (Xi)

Possono provocare reazioni infiammatorie ed allergiche in seguito a contatto con la pelle. E' necessario seguire le prescrizioni riportate nelle etichette e seguire le indicazione date per l'uso delle sostanze corrosive. Ad esempio è irritante il solvente tetraidrofurano.

Dal 1981 sono state aggiunte ulteriori categorie di rischio a quelle già esistenti:

ESTREMAMENTE INFIAMMABILI

Liquidi con punto di infiammabilità < 0 °C e T ebolliz. < 35 °C.

F+

ESTREMAMENTE INFIAMMABILE
EXTREMELY FLAMMABLE
HOCHENTZÜNDLICH
FACILEMENT INFLAMMABLE

MOLTO TOSSICHE

Sostanze che per inalazione, ingestione o penetrazione cutanea possono provocare lesioni gravi e la morte.

PERICOLOSE PER L'AMBIENTE

Sostanze che possono provocare grave rischio a breve o lungo tempo per l'ambiente.

CANCEROGENE

Sostanze che per inalazione, ingestione o penetrazione cutanea possono provocare il cancro o aumentarne la frequenza. L'informazione sull'azione cancerogena presunta o certa di alcune sostanze viene, purtroppo, spesso sottovalutata o trascurata dalle ditte produttrici ed anche dai libri di testo. Come prima cosa si deve cercare di sostituire l'uso di tali sostanze con quello di altre meno pericolose: se ciò non è possibile allora usare tutte le norme di buon senso, cautela e prevenzione adatte, tra le quali ricordiamo:

- adoperare estrema cautela e parsimonia nel loro uso e stoccaggio,
- indossare sempre i guanti e gli occhiali,
- maneggiare i recipienti sotto cappa,
- evitare qualunque contatto ed inalazione dei vapori,
- prestare attenzione particolare alla distruzione dei residui,
- aggiungere sui contenitori etichette supplementari di avvertimento, etc.

Le etichette dei contenitori di tali sostanze di solito portano la specificazione di rischio R45 "Può causare il cancro".
Ulteriori informazioni, tra le quali le tabelle aggiornate delle sostanze sospette, sono pubblicate da enti internazionali come ad esempio Agency for Research on Cancers (J.Melnikov ed altri., Carcinogens and Mutagens in Undergraduate Laboratory, J.Chem. Educ., 58 A11 (1981)).

TERATOGENE

Sostanze pericolose per la sviluppo del feto.

MUTAGENE

Sostanze pericolose per la sviluppo normale delle cellule.

Sostanze chimiche incompatibili

Molte sostanze chimiche comunemente usate in laboratorio reagiscono in modo pericoloso nel caso vengano a contatto con altre. Alcune di queste sostanze incompatibili sono elencate qui di seguito.

Acetilene	Con rame (tubazioni), alogeni, argento, mercurio e loro composti.
Acetone	Con miscele concentrate degli acidi solforico e nitrico.
Acido acetico	Con acido cromico, acido nitrico, composti contenenti idrossili (ioni OH^-), glicole etilenico, acido perclorico, perossidi e permanganati.
Acido cromico	Con acido acetico, naftalene, canfora, alcool, glicerolo, trementina e altri liquidi infiammabili.
Acido nitrico	Con acido acetico, acido cromico, cianogeno, anilina, carbonio, idrogeno solforato, sostanze liquide o gassose soggette a nitrazione.
Acido ossalico	Con argento e mercurio.
Acido perclorico	Con anidride acetica, bismuto e le sue leghe, alcool, carta, legno e altre sostanze organiche.
Acido solforico	Con clorati, perclorati, permanganati e acqua.
Ammoniaca gas	Con mercurio, alogeni, ipoclorito di calcio e fluoruro di idrogeno.
Anilina	Con acido nitrico e perossido di idrogeno.

Argento	Con acetilene, acido ossalico, acido tartarico e composti ammonici.
Biossido di cloro	Con ammoniaca, metano, fosfina, ac. solfidrico.
Bromo	Con ammoniaca, acetilene, butadiene, butano, idrogeno, carburo di sodio, trementina e metalli finemente polverizzati.
Carbone attivo	Con tutti gli agenti ossidanti.
Cianuri	Con acidi.
Clorati	Con sali di ammonio, acidi, polveri metalliche,solfo, composti organici o infiammabili finemente polverizzati, carbonio.
Cloro	Con ammoniaca, acetilene, butadiene, benzina e altri derivati del petrolio, idrogeno, carburo di sodio, trementina e metalli finemente polverizzati.
Idrocarburi	Con fluoro, cloro, acido formico, acido cromico, perossido di sodio.
Idrogeno solforato	Con vapori di acido nitrico e gas ossidanti.
Iodio	Con acetilene e ammoniaca.
Mercurio	Con acetilene, acido fulminico, idrogeno.
Nitrato di ammonio	Con acidi, polveri metalliche, liquidi infiammabili, clorati, nitrati, zolfo e sostanze organiche finemente polverizzate o composti infiammabili.
Ossigeno	Con olii, grassi, liquidi, solidi e gas infiammabili.
Pentossido di	Con acqua.

fosforo	
Permanganato di potassio	Con glicerolo, glicole etilenico, benzaldeide, acido solforico.
Perossido d'idrogeno	Con cromo, rame, ferro, la maggior parte degli altri metalli e i loro sali, liquidi infiammabili e altri prodotti combustibili, anilina e nitrometano.
Rame	Con acetilene, azide, perossido di idrogeno.
Sodio	Con tetracloruro di carbonio, diossido di carbonio e acqua.
Sodio azide	Con piombo, rame ed altri metalli. (Questo composto è comunemente usato come conservante, ma forma composti instabili ed esplosivi con i metalli. Se eliminato attraverso gli scarichi dei lavandini, i sifoni e i tubi potrebbero esplodere in caso di interventi di manutenzione).
Sodio ipoclorito	Con acidi forti (si sviluppa cloro).

INCOMPATIBILITA' TRA SOSTANZE

ACIDI	ALCALI

REAZIONE ESOTERMICA

INFIAMMABILI	COMBURENTI

REAZIONE ESOTERMICA

ACIDI O ALCALI	IPOCLORITO

GAS CLORO

INFIAMMABILI	TOSSICI

VAPORI TOSSICI

OSSERVARE LE INDICAZIONI SULLE SCHEDE TECNICHE

FRASI DI RISCHIO E DI PRUDENZA

Sulle etichette si trovano, oltre ai simboli appena visti, delle sigle inizianti per **R (frasi di rischio)** e/o **S (frasi di prudenza)** che mettono sull'avviso e danno utili consigli a chi opera con tali sostanze.
Si dicono frasi R e frasi S le diciture codificate dall'Unione Europea tramite l'emanazione di direttive europee poi recepite nei singoli stati membri.
Sono chiamate R le frasi convenzionali che descrivono i rischi specifici attribuiti alle sostanze e preparati pericolosi. Ad ogni frase è associato un codice univoco composto dalla lettera R seguita da un numero.
Sono chiamate S le frasi convenzionali che descrivono i consigli di prudenza cui attenersi in caso di manipolazione di sostanze chimiche. Ad ogni frase è associato un codice univoco composto dalla lettera S seguita da un numero.
Le frasi R ed S sono continuamente riviste dalla comunità europea, questo è il motivo per cui osservando attentamente gli elenchi si noterà la mancanza di alcuni numeri.
E' necessario tener presente che certe sostanze possono appartenere contemporaneamente a più categorie di pericolosità.
Nei laboratori, di solito, si trovano dei poster con le frasi di rischio e di prudenza di uso più comune.

SOSTANZE CHE NON RIPORTANO IN ETICHETTA AVVISI DI PERICOLOSITÀ

Anche se un recipiente contenente una sostanza non porta avvisi di pericolosità, si devono fare alcune importanti considerazioni in merito alle precauzioni da prendere per il suo uso.

1) L'organismo di ogni persona può essere sensibile, in diverso modo, all'esposizione a sostanze chimiche, che per alcuni possono apparire innocue, mentre, per altri, sono pericolose. Il corpo umano di alcune persone sviluppa improvvise e pericolose allergie nei confronti di certe sostanze, anche comuni, che si possono manifestare anche dopo tempi lunghi con irritazioni, bruciori, lacrimazione, tosse, difficoltà di respirazione,..., e che nei casi più gravi possono essere anche mortali. Sono ben note e documentate le gravi forme di allergia di

certe persone per la comune aspirina (acido acetilsalicilico) o per i farinacei o per la puntura di un insetto, come il calabrone, che per taluni è mortale.

2) Oltre a ciò, si deve considerare che quotidianamente vengono sintetizzati centinaia di nuovi composti e che quindi, non tutti vengono testati sufficientemente prima di essere posti in commercio.

3) I metodi di sintesi ed i criteri di valutazione della purezza e della pericolosità adottati per le sostanze, che si trovano in un laboratorio chimico possono essere molto diversi da quelli adoperati per la preparazione delle stesse sostanze specificatamente destinate ad uso alimentare. Ciò significa che, per esempio, l'alcol etilico adoperato come solvente in laboratorio potrebbe essere di derivazione sintetica e contenere impurezze, anche se in minima quantità, altamente tossiche per l'organismo, mentre l'alcol etilico destinato ad usi alimentari deve derivare per legge esclusivamente dalla fermentazione naturale di carboidrati ed essere prodotto seguendo metodologie e norme di igiene ben precise.

4) Talora i reattivi apparentemente innocui sono conservati vicino a bottiglie di sostanze pericolose e possono essere stati inquinati inavvertitamente con una spatola o una pipetta.

La normativa comunitaria prevede finalmente che i reattivi chimici vengano venduti accompagnati da una scheda di sicurezza.

È opportuno ricordare che:

Le sostanze che non riportano in etichetta avvisi di pericolosità sono sempre e comunque da considerare come potenzialmente pericolose e quindi da trattare con la massima attenzione!!!!!

ELENCO DELLE FRASI DI RISCHIO

R1 Esplosivi allo stato secco.
R2 Rischio di esplosione per urto, sfregamento, fuoco o altre sorgenti di ignizione.
R3 Elevato rischio di esplosione per urto, sfregamento, fuoco o altre sorgenti di ignizione.
R4 Forma composti metallici esplosivi molto sensibili.
R5 Pericolo di esplosione per riscaldamento.
R6 Esplosivo a contatto o senza contatto con l'aria.
R7 Può provocare un incendio.
R8 Può provocare l'accensione di materie combustibili.
R9 Esplosivo in miscela con materie combustibili.
R10 Infiammabile. [Sostanze e preparati liquidi il cui punto di infiammabilità è uguale o
superiore a 21 °C e minore o uguale a 55 °C]
R11 Facilmente infiammabile. [Sostanze e preparati che possono facilmente infiammarsi in seguito a un breve contatto con una sorgente di accensione e che continuano a bruciare o a consumarsi anche dopo l'allontanamento di tale sorgente. Sostanze e preparati liquidi il cui punto di infiammabilità è inferiore a 21°C ma che non sono estremamente infiammabili.]
R12 Estremamente infiammabile. [Sostanze e preparati liquidi che hanno punto di infiammabilità inferiore a 0° C e un punto di ebollizione (o, nel caso di un intervallo di ebollizione, il punto iniziale di ebollizione) inferiore o uguale a 35 'C. Sostanze e preparati gassosi che a temperatura e pressione ambiente si infiammano a contatto con l'aria.]
R14 Reagisce violentemente con l'acqua.
R15 A contatto con l'acqua libera gas estremamente infiammabili.
R16 Pericolo di esplosione se mescolato con sostanze comburenti.
R17 Spontaneamente infiammabile all'aria.
R18 Durante l'uso può formare con l'aria miscele esplosive/infiammabili.
R19 Può formare perossidi esplosivi.
R20 Nocivo per inalazione.
R21 Nocivo a contatto con la pelle.
R22 Nocivo per ingestione.
R23 Tossico per inalazione.
R24 Tossico a contatto con la pelle.

R25 Tossico per ingestione.
R26 Molto tossico per inalazione.
R27 Molto tossico a contatto con la pelle.
R28 Molto tossico per ingestione.
R29 A contatto con l'acqua libera gas tossici.
R30 Può divenire facilmente infiammabile durante l'uso.
R31 A contatto con acidi libera gas tossico.
R32 A contatto con acidi libera gas altamente tossico.
R33 Pericolo di effetti cumulativi.
R34 Provoca ustioni.
R35 Provoca gravi ustioni.
R36 Irritante per gli occhi.
R37 Irritante per le vie respiratorie.
R38 Irritante per la pelle.
R39 Pericolo di effetti irreversibili molto gravi.
R40 Possibilità di effetti irreversibili.
R41 Rischio di gravi lesioni oculari.
R42 Può provocare sensibilizzazione per inalazione.
R43 Può provocare sensibilizzazione per contatto con la pelle.
R44 Rischio di esplosione per riscaldamento in ambiente confinato.
R45 Può provocare il cancro.
R46 Può provocare alterazioni genetiche ereditarie
R48 Pericolo di gravi danni per la salute in caso di esposizione prolungata.
R49 Può provocare il cancro per inalazione.
R50 Altamente tossico per gli organismi acquatici.
R51 Tossico per gli organismi acquatici.
R52 Nocivo per gli organismi acquatici.
R53 Può provocare a lungo termine effetti negativi per l'ambiente acquatico.
R54 Tossico per la flora.
R55 Tossico per la fauna.
R56 Tossico per gli organismi del terreno.
R57 Tossico per le api.
R58 Può provocare a lungo termine effetti negativi per l'ambiente.
R59 Pericoloso per lo strato di ozono.
R60 Può ridurre la fertilità.
R61 Può danneggiare i bambini non ancora nati.
R62 Possibile rischio di ridotta fertilità.

R63 Possibile rischio di danni ai bambini non ancora nati.
R64 Possibile rischio per i bambini allattati al seno.
R65 Può causare danni polmonari se ingerito

Combinazioni delle frasi R

R14/15 Reagisce violentemente con l'acqua liberando gas estremamente infiammabili.
R15/21 A contatto con l'acqua libera gas tossici estremamente infiammabili.
R20/21 Nocivo per inalazione e contatto con la pelle.
R20/22 Nocivo per inalazione e ingestione.
R20/21/22 Nocivo per inalazione, contatto con la pelle e per ingestione.
R21/22 Nocivo a contatto con la pelle e per ingestione.
R23/24 Tossico per inalazione e contatto con la pelle.
R23/25 Tossico per inalazione e ingestione.
R23/24/25 Tossico per inalazione, contatto con la pelle e per ingestione.
R24/25 Tossico a contatto con la pelle e per ingestione.
R26/27 Molto tossico per inalazione e contatto con la pelle.
R26/28 Molto tossico per inalazione e per ingestione.
R26/27/28 Molto tossico per inalazione, contatto con la pelle e per ingestione.
R27/28 Molto tossico a contatto con la pelle e per ingestione.
R36/37 Irritante per gli occhi e le vie respiratorie.
R36/38 Irritante per gli occhi e la pelle.
R36/37/38 Irritante per gli occhi, le vie respiratorie e la pelle.
R37/38 Irritante per le vie respiratorie e la pelle.
R29/23 Tossico: pericolo di effetti irreversibili molto gravi per inalazione.
R39/24 Tossico: pericolo di effetti irreversibili molto gravi a contatto con la pelle.
R39/25 Tossico: pericolo di effetti irreversibili molto gravi per ingestione.
R39/23/24 Tossico: pericolo di effetti irreversibili molto gravi per inalazione e a contatto con la pelle.
R39/23/25 Tossico: pericolo di effetti irreversibili molto gravi per inalazione ed ingestione.
R39/24/25 Tossico: pericolo di effetti irreversibili molto gravi a contatto con la pelle e per ingestione.
R39/23/24/25 Tossico: pericolo di effetti irreversibili molto gravi per inalazione, a contatto con la pelle e per ingestione.
R39/26 Molto tossico: pericolo di effetti molto gravi per inalazione.
R39/27 Molto tossico: pericolo di effetti irreversibili molto gravi a contatto con la pelle.

R39/28 Molto tossico: pericolo di effetti irreversibili molto gravi per ingestione.
R39/26/27 Molto tossico: pericolo di effetti irreversibili molto gravi per inalazione e a contatto con la pelle.
R39/26/28 Molto tossico: pericolo di effetti irreversibili molto gravi per inalazione ed ingestione.
R39/27/28 Molto tossico: pericolo di effetti irreversibili molto gravi a contatto con la pelle e per ingestione.
R39/26/27/28 Molto tossico: pericolo di effetti irreversibili molto gravi per inalazione , a contatto con la pelle e per ingestione.
R40/20 Nocivo: possibilità di effetti irreversibili per inalazione.
R40/21 Nocivo: possibilità di effetti irreversibili a contatto con la pelle.
R40/22 Nocivo: possibilità di effetti irreversibili per ingestione.
R40/20/21 Nocivo: possibilità di effetti irreversibili per inalazione e a contatto con la pelle.
R40/20/22 Nocivo: possibilità di effetti irreversibili per inalazione ed ingestione.
R40/21/22 Nocivo: possibilità di effetti irreversibili a contatto con la pelle e per ingestione.
R40/20/21/22 Nocivo: possibilità di effetti irreversibili per inalazione, a contatto con la pelle e per ingestione.
R42/43 Può provocare sensibilizzazione per inalazione e contatto con la pelle.
R48/20 Nocivo: pericolo di gravi danni per la salute in caso di esposizione prolungata per inalazione.
R48/21 Nocivo: pericolo di gravi danni alla salute in caso di esposizione prolungata a contatto con la pelle.
R48/22 Nocivo: pericolo di gravi danni alla salute in caso di esposizione prolungata per ingestione.
R48/20/21 Nocivo: pericolo di gravi danni alla salute in caso di esposizione prolungata per inalazione e a contatto con la pelle.
R48/20/22 Nocivo: pericolo di gravi danni alla salute in caso di esposizione prolungata per inalazione e ingestione.
R48/21/22 Nocivo: pericolo di gravi danni alla salute in caso di esposizione prolungata a contatto con la pelle e per ingestione.
R48/20/21/22 Nocivo: pericolo di gravi danni alla salute in caso di esposizione prolungata per inalazione, a contatto con la pelle e per ingestione.

R48/23 Tossico: pericolo di gravi danni alla salute in caso di esposizione prolungata per inalazione.
R48/24 Tossico: pericolo di gravi danni alla salute in caso di esposizione prolungata, a contatto con la pelle.
R48/25 Tossico: pericolo di gravi danni atta salute in caso di esposizione prolungata per ingestione.
R48/23/24 Tossico: pericolo di gravi danni alla salute in caso di esposizione prolungata per inalazione e a contatto con la pelle.
R48/23/25 Tossico: pericolo di gravi danni alla salute in caso di esposizione prolungata per inalazione ed ingestione.
R48/23/24/25 Tossico: pericolo di gravi danni alla salute in caso di esposizione prolungata per inalazione, a contatto con la pelle e per ingestione.
R50/53 Altamente tossico per gli organismi acquatici, può provocare a lungo termine effetti negativi per l'ambiente acquatico.
R51/53 Tossico per gli organismi acquatici, può provocare a lungo termine effetti negativi per l'ambiente acquatico.
R52/53 Nocivo per gli organismi acquatici, può provocare a lungo termine effetti negativi per l'ambiente acquatico.

ELENCO DEI CONSIGLI DI PRUDENZA

S1 Conservare sotto chiave.
S2 Conservare fuori della portata dei bambini.
S3 Conservare in luogo fresco.
S4 Conservare lontano da locali di abitazione.
S5 Conservare sotto... (liquido appropriato da indicarsi da parte del fabbricante).
S6 Conservare sotto... (gas inerte da indicarsi da parte del fabbricante).
S7 Conservare il recipiente ben chiuso.
S8 Conservare al riparo dall'umidità.
S9 Conservare il recipiente in luogo ben ventilato.
S12 Non chiudere ermeticamente il recipiente.
S13 Conservare lontano da alimenti o mangimi e da bevande.
S14 Conservare lontano da... (sostanze incompatibili da precisare da parte del produttore).
S15 Conservare lontano dal calore.
S16 Conservare lontano da fiamme e scintille - Non fumare.
S17 Tenere lontano da sostanze combustibili.
S18 Manipolare ed aprire il recipiente con cautela.
S20 Non mangiare né bere durante l'impiego.
S21 Non fumare durante l'impiego.
S22 Non respirare le polveri.
S23 Non respirare i gas/fumi/vapori/aerosoli [termine(i) appropriato(i) da precisare da parte del produttore].
S24 Evitare il contatto con la pelle.
S25 Evitare il contatto con gli occhi.
S26 In caso di contatto con gli occhi, lavare immediatamente e abbondantemente con acqua e consultare un medico.
S27 Togliersi di dosso immediatamente gli indumenti contaminati.
S28 n caso di contatto con la pelle lavarsi immediatamente ed abbondantemente con... (prodotti idonei da indicarsi da parte del fabbricante).
S29 Non gettare i residui nelle fognature.
S30 Non versare acqua sul prodotto.
S33 Evitare l'accumulo di cariche elettrostatiche.
S35 Non disfarsi del prodotto e del recipiente se non con le dovute precauzioni.

S36 Usare indumenti protettivi adatti.
S37 Usare guanti adatti.
S38 In caso di ventilazione insufficiente, usare un apparecchio respiratorio adatto.
S39 Proteggersi gli occhi/la faccia.
S40 Per pulire il pavimento e gli oggetti contaminati da questo prodotto usare ... (da precisare da parte del produttore).
S41 In caso di incendio e/o esplosione non respirare i fumi.
S42 Durante le fumigazioni/polimerizzazioni usare un apparecchio respiratorio adatto [termine(i) appropriato(i) da precisare da parte del produttore].
S43 In caso di incendio usare ... (mezzi estinguenti idonei da indicarsi da parte del fabbricante. Se l'acqua aumenta il rischio è precisato: "Non usare acqua).
S44 In caso di incidente o di malessere consultare immediatamente il medico (se possibile, produrre l'etichetta).
S46 In caso d'ingestione consultare immediatamente il medico esibendo il contenitore o l'etichetta.
S47 Conservare a temperatura non superiore a ...°C (da precisare da parte del fabbricante).
S48 Mantenere umido con ... (mezzo appropriato da precisare da parte del fabbricante).
S49 Conservare soltanto nel recipiente originale.
S50 Non mescolare con ... (da specificare da parte del fabbricante).
S51 Usare soltanto in luogo ben ventilato.
S52 Non utilizzare su grandi superfici in locali abitati.
S53 Evitare l'esposizione - procurarsi speciali istruzioni prima dell'uso.
S56 Smaltire questo materiale e relativi contenitori in un punto di raccolta rifiuti pericolosi o speciali autorizzati.
S57 Usare contenitori adeguati per evitare l'inquinamento ambientale.
S59 Richiedere informazioni al produttore/fornitore per il recupero o il riciclaggio.
S60 Questo materiale e il suo contenitore devono essere smaltiti come rifiuti pericolosi.
S61 Non disperdere nell'ambiente. Riferirsi alle istruzioni speciali/schede informative in materia di sicurezza.
S62 Non provocare il vomito: consultare immediatamente il medico e mostrargli il contenitore o l'etichetta.

Combinazioni delle frasi S

S1/2 Conservare sotto chiave e fuori della portata dei bambini.
S3/7 Tenere il recipiente ben chiuso in luogo fresco.
S3/9/14 Conservare in luogo fresco e ben ventilato lontano da ... (materiali incompatibili da precisare da parte del fabbricante).
S3/9/14/49 Conservare soltanto nel contenitore originale in luogo fresco e ben ventilato lontano da ... (materiali incompatibili da precisare da parte del fabbricante).
S3/9/49 Conservare soltanto nel contenitore originale in luogo fresco e ben ventilato.
S3/14 Conservare in luogo fresco lontano da... (materiali incompatibili da precisare da parte del fabbricante).
S7-S8 Conservare il recipiente ben chiuso e al riparo dall'umidità.
S7-S9 Tenere il recipiente ben chiuso e in luogo ben ventilato.
S7/47 Tenere il recipiente ben chiuso e a temperatura non superiore a ...°C (da precisare da parte del fabbricante).
S20-S21 Non mangiare, né bere, né fumare durante l'impiego.
S24-S25 Evitare il contatto con gli occhi e con la pelle.
S29-S56 Non gettare i residui nelle fognature.
S36-S37 Usare indumenti protettivi e guanti adatti.
S36-S37-S39 Usare indumenti protettivi e guanti adatti e proteggersi gli occhi/la faccia.
S36-S39 Usare indumenti protettivi adatti e proteggersi gli occhi/la faccia.
S37-S39 Usare guanti adatti e proteggersi gli occhi/la faccia.
S47-S49 Conservare soltanto nel contenitore originale a temperatura non superiore a... °C (da precisare da parte del fabbricante).

SCHEDA DI SICUREZZA

La normativa comunitaria prevede, per i responsabili dell'immissione sul mercato di una sostanza o di un preparato pericoloso, l'obbligo di fornire all'utilizzatore dell'agente chimico una scheda di dati di sicurezza.
La scheda viene redatta in base a criteri standard stabiliti dalla normativa stessa e costituisce, rispetto alle etichette, una raccolta di informazioni più completa ed approfondita per quanto riguarda i rischi associati all'impiego.
La scheda fornisce delle linee guida il più possibile esaustive sulle precauzioni da adottare durante la manipolazione e sui provvedimenti più idonei in caso di necessità o di emergenza; attraverso un'attenta lettura della stessa è possibile ottenere informazioni per una corretta e sicura manipolazione delle sostanze.

La scheda informativa di sicurezza deve riportare le seguenti voci obbligatorie:

1. Identificazione della sostanza/preparato e della società/impresa:
Il termine usato per l'identificazione della sostanza deve essere identico a quello riportato sulle etichetta; possono essere anche indicati altri sistemi di identificazione. Inoltre viene indicato il numero telefonico di emergenza dell'impresa e/o del competente organo ufficiale.

2. Composizione/informazione sugli ingredienti
Le informazioni qui riportate permettono di identificare facilmente i pericoli connessi ai singoli componenti del preparato. Sono riportati, per ogni singolo componente, anche la classificazione, i simboli e le frasi R assegnate.

3. Identificazione dei pericoli
Sono riportate in questa sezione la classificazione della sostanza o del preparato e sono descritti i più importanti pericoli di tipo fisico-chimico, gli effetti negativi per la salute e per l'ambiente ed i sintomi connessi all'uso ed agli eventuali usi impropri della sostanza o del preparato.

4. Interventi di primo soccorso
Sono descritti, in modo sintetico e di facile comprensione, i corretti provvedimenti di primo soccorso ed è specificato anche se è necessario l'immediato intervento di un medico. Vengono descritti brevemente i sintomi ed effetti; le informazioni sono divise in funzione delle diverse vie di esposizione cioè l'inalazione, contatto con gli occhi e con la pelle e ingestione.

5. Misure antincendio
Questa sezione fornisce le informazioni necessarie a chi dove intervenire in caso di incendio provocato dalla sostanza o dal preparato o che si verifichi nelle vicinanze, specificando:
- Idonei mezzi estinguenti:
- Mezzi estinguenti che non devono essere utilizzati per ragioni di sicurezza
- Speciali pericoli di esposizione derivanti dalla sostanza o dal preparato, dai prodotti della combustione e dai gas prodotti
- Speciali mezzi protettivi per il personale antincendio

6. Provvedimenti in caso di dispersione accidentale
Vengono descritte le informazioni che possono essere necessarie per quanto riguarda:
- Precauzioni per le persone
- Precauzioni ambientali
- Metodi di bonifica

Viene riportata anche l'eventuale necessità di indicazioni d'utilizzo: "non usare mai…, neutralizzare con …."

7. Manipolazione ed immagazzinamento
Sono specificate le precauzioni di sicurezza in materia di manipolazione, compresi provvedimenti di contenimento, ventilazione locale e generale, provvedimenti per impedire la dispersione nell'atmosfera, la produzione di polveri e gli incendi, provvedimenti necessari per la protezione dell'ambiente. Per quanto riguarda l'immagazzinamento vengono descritte le condizioni di sicurezza indispensabili: progettazione di ambienti o contenitori e ventilazione, materiali incompatibili, condizioni di conservazione, eventuali limiti di quantità in funzione delle condizioni di immagazzinamento.

8. Protezione personale/controllo dell’esposizione
Questa sezione riporta i valori limite di esposizione professionale e/o i valori limite biologici (TLV), con indicati i parametri specifici di controllo in vigore. Per i preparati, vengono forniti i valori per le sostanze costituenti.
Si ricorda che per valori limite di esposizione si intende la concentrazione ambientale massima della sostanza a cui l’operatore può essere esposto senza rischio per la salute nella vita lavorativa. Viene definita anche la gamma completa di provvedimenti specifici di protezione e di prevenzione che devono essere presi durante l’uso allo scopo di ridurre al minimo l’esposizione del personale e dell’ambiente.
Per il controllo dell’esposizione professionale sono specificati con precisione quali dispositivi forniscono una protezione idonea e adeguata necessaria per

- protezione respiratoria
- protezione delle mani
- protezione degli occhi
- protezione della pelle

9. Proprietà fisiche e chimiche
Le proprietà chimico/fisiche elencate(aspetto, stato fisico, odore, colore, pH, punto di infiammabilità, densità relativa,…) sono necessarie per consentire l’adozione delle corrette misure di protezione e controllo.

10. Stabilità e reattività
Viene descritta la stabilità della sostanza o del preparato e la possibilità che in determinate condizioni si verifichino reazioni pericolose, anche in caso di dispersione nell’ambiente. Sono elencate le condizioni (temperatura, pressione, luce, …) ed i materiali (acqua, aria, acidi,…) da evitare ed i prodotti di decomposizione pericolosi.

11. Informazioni tossicologiche
Questa sezione riporta gli effetti nocivi per la salute che possono derivare dall’esposizione alla sostanza o al preparato, sulla base dell’esperienza o di ricerche scientifiche. Include informazioni sulle diverse vie di esposizione (inalazione, ingestione, contatto con la pelle o con gli occhi), unitamente alla descrizione dei sintomi legati alle

caratteristiche fisico, chimiche e tossicologiche. Riporta gli eventuali effetti immediati, ritardati e cronici derivanti da esposizione a breve e lungo termine.

12. Informazioni ecologiche

Descrive i possibili effetti, comportamenti e trasformazioni nell'ambiente, atmosfera, acqua e/o terreno della sostanza e/o preparato.

13. Osservazioni sullo smaltimento

Se lo smaltimento della sostanza o preparato (eccedenze o residui derivanti da prevedibile utilizzazione) comporta un pericolo, viene fornita una descrizione dei residui citati con informazioni sulle misure di sicurezza per la loro manipolazione. Vengono specificate inoltre i metodi idonei per lo smaltimento della sostanza o preparato nonché degli eventuali imballaggi contaminati(incenerimento, riciclaggio, discarica,ecc.).

14. Informazioni sul trasporto

Sono indicate tutte le precauzioni particolari che devono essere applicate per quanto concerne il trasporto o il trasferimento all'interno o all'esterno dell'azienda.

15. Informazioni sulla normativa

In questa sezione sono riportate le informazioni in materia di salute, sicurezza e ambiente che figurano sull'etichetta. Se esistono vengono riportate eventuali ulteriori disposizioni nazionali pertinenti.

16. Altre informazioni

Viene indicata qualsiasi altra informazione di rilievo per la salute e la sicurezza degli utilizzatori e la protezione dell'ambiente, ad esempio:
- elenco completo delle frasi R, riportate per esteso
- avvertenze di formazione professionale
- eventuali restrizioni consigliate (ossia raccomandazioni non obbligatorie del fornitore)
- ulteriori informazioni (documentazione di riferimento e/o punti di contatto tecnico)
- fonte dei dati utilizzati per la compilazione della scheda dati di sicurezza.

GAS COMPRESSI

Molti laboratori necessitano spesso di grandi quantità di gas puri per le sintesi o per il funzionamento di certe apparecchiature (esempio N_2, Ar, He, O_2, H_2, CO_2, CO, Cl_2, NH_3, HCl, etc.). Generalmente questi gas vengono erogati da postazioni che contengono più bombole collegate agli utilizzi attraverso impianti fissi o qualche volta da bombole posizionate direttamente in laboratorio in prossimità dell'utenza.
Questi gas sono venduti, di solito, in recipienti denominati impropriamente bombole.
Le norme prevedono invece la seguente classificazione dei recipienti:
bidoni: sono costruiti in lamiere di acciaio unite tra loro mediante saldature per fusione ed hanno una capacità compresa tra 5 L e 150 L; sono destinati a contenere i gas compressi la cui pressione di carica riferita a 15 ºC non superi i 20 Kg/cm^2, ad eccezione del fluoruro di boro.
bombole: sono costruite in acciaio (o leghe leggere)in un solo pezzo senza saldature longitudinale ed hanno una capacità fino a 150 L; possono contenere gas compressi la cui pressione di carica riferita a 15 ºC superi i 20 Kg/cm^2.
piccole bombole: sono costruite con le stesse modalità delle bombole e sono idonee a contenere gli stessi gas compressi; hanno una capacità compresa tra 3L e 5 L, la lunghezza esterna non supera di otto volte il diametro esterno.
bombolette: sono costruite con le stesse modalità delle bombole e sono idonee a contenere gli stessi gas compressi, hanno una capacità inferiore 3L.
Sempre per semplicità ci riferiamo a recipienti contenenti i gas, con una pressione di 150-200 atm, come a bombole.
Le bombole normali vengono generalmente fornite con fondo bombato ad un'estremità, dove è applicato il raccordo con filettatura interna per l'attacco della valvola. Di solito sono completate dalla valvola, dal cappellotto, di norma aperto,con relativo collare e dal piede di appoggio (zoccolo). Il cappellotto avvitato sull'ogiva serve a proteggere la valvola da urti o da altre cause che potrebbero comprometterne l'efficienza ed è aperto per consentire lo sfogo del gas in caso di perdita della valvola; deve essere riavvitato al suo posto subito dopo l'uso della bombola ed in caso di trasporto o movimentazione: lo zoccolo, oltre a mantenere la bombola

verticale in posizione stabile, ne solleva il fondo da terra proteggendo da urti, da sfregamenti e dalla corrosione in presenza di umidità.
La bombola deve portare incisi sulla parete alcuni dati quali:

- il nome del gas contenuto,
- il numero di serie del contenitore,
- il nome della ditta produttrice,
- la pressione massima per la quale è collaudata,
- la pressione massima alla quale viene solitamente caricata,
- il volume interno,
- la data di revisione, etc.

Assieme a questi dati di solito porta anche un cartellino con

- il nome della ditta produttrice,
- la denominazione commerciale del gas contenuto,
- una o più sigle relative al suo grado di purezza
- ed eventualmente i dati delle analisi.

Classificazione dei gas in base alle loro *caratteristiche fisiche*

Gas compressi:
tutti i gas la cui temperatura critica è inferiore a -10 ºC, vengono trasportati allo stato gassoso sotto pressione. Ossigeno, azoto, argon, idrogeno, elio, metano….
Gas liquefatti:
tutti i gas la cui temperatura critica è superiore o uguale a -10 ºC, vengono trasportati allo stato parzialmente liquido sotto pressione. Anidride carbonica, propano, ammoniaca anidra
Gas disciolti sotto pressione:
gas che in base alla loro solubilità in un liquido vengono in esso disciolti e trasportati. Acetilene
Gas criogenici liquefatti:
Ossigeno, azoto, argon, idrogeno, elio…

Temperatura critica: per ciascun aeriforme esiste una particolare temperatura al di sopra della quale non è più possibile la liquefazione dell’aeriforme stesso.

Pressione critica: è la pressione che bisogna esercitare sull'aeriforme, alla temperatura critica, per ottenerne la liquefazione.

I gas che hanno temperatura critica maggiore di quella ambiente sono conservati compressi nei recipienti, mentre quelli con temperatura critica minore di quella ambiente sono conservati come liquidi. Questi ultimi hanno una pressione del vapore sovrastante al liquido relativamente bassa ed uguale alla tensione di vapore del liquido alla temperatura ambiente. Tale pressione, ovviamente, dipende dalla natura del composto e si aggira attorno a qualche atmosfera.
Sono liquidi nelle bombole tra gli altri: SO_2, NH_3, H_2S, GPL.
L' acetilene viene venduto in bombole contenenti una sua soluzione in acetone assorbita su un supporto poroso. Viene adoperato come combustibile per generare fiamme molto calde, ad esempio nella spettroscopia di assorbimento atomico o in metallurgia per fondere i metalli.

Classificazione dei gas in base alle loro *caratteristiche chimiche*

Gas inerti
Azoto, anidride carbonica, argon
Gas infiammabili
Acetilene, idrogeno, butano, propano
Gas comburenti
Ossigeno, protossido di azoto, aria compressa
Gas tossici, corrosivi, cancerogeni
Ammoniaca, cloro, acido solforico, acido bromidrico

Le bombole di gas compresso, liquefatto o disciolto devono essere messe in uso solo se il loro contenuto risulta chiaramente identificabile. Il contenuto viene identificato nei seguenti modi:
● Colorazione dell'ogiva
● Punzonatura del nome commerciale sull'ogiva del recipiente o la dicitura "miscela" accompagnata da etichette o cartellini riportanti la composizione
● Caratteristiche del raccordo filettato.

Convenzione sul colore dell'ogiva

L' ogiva di ogni bombola viene colorata, a seconda del gas contenuto, con un colore convenzionale, in modo che non ci possano essere dubbi sul suo contenuto. Il vecchio codice dei colori è stato modificato per l'applicazione del decreto del 7/1/99 del Ministero dei Trasporti, inteso ad unificare ed a facilitare la circolazione delle merci in ambito CE. Tale decreto prevede l'applicazione della norma UNI EN 1089-3 che prescrive un sistema di identificazione delle bombole con colore delle ogive diverso da quello adoperato in Italia. Il nuovo sistema di identificazione è diventato obbligatorio per le nuove bombole dal 10 agosto 1996 mentre dal 30 giugno del 2006 è diventato obbligatorio anche per le bombole già in circolazione. La colorazione dell'ogiva nel nuovo sistema, non identifica più il gas, ma solo il rischio principale associato ad esso:

1) tossico e/o corrosivo, giallo;
2) infiammabile, rosso;
3) ossidante, blu chiaro;
4) asfissiante (inerte), verde brillante.

Solo per i gas più comuni (ossigeno, azoto, elio, protossido di azoto) sono previsti colori specific

GAS	COLORE OGIVA Norma vecchia	COLORE OGIVA Norma nuova
O2	bianco	bianco
N2	nero	nero
Ar	amaranto	verde scuro
aria	bianco e nero	bianco e nero
CO2	grigio chiaro	grigio
CO	verde	giallo e rosso

In generale il corpo della bombola può essere dipinto di qualsiasi colore che non comporti il pericolo di erronee interpretazioni.

La norma è valida per le bombole di gas industriali e medicinali e non si applica alle bombole di GPL (gas di petrolio liquefatti) ed agli estintori.

Per individuare un gas è essenziale riferirsi sempre all’etichetta apposta sulla bombola.
L’etichettatura delle bombole rispetta le norme previste per il trasporto, nonché per la classificazione, imballaggio ed etichettatura delle merci pericolose.

1. N° ONU e denominazione del gas
2. Composizione del gas o della miscela
3. Nome, indirizzo e numero di telefono del fabbricante o del distributore
4. Simboli di pericolo
5. Frasi di rischio
6. Consigli di prudenza
7. Numero CE per la sostanza singola o indicazione “miscela di gas”

Punzonatura dell'ogiva

Identificazione del contenuto
Identificazione del fabbricante
Paese di origine
Identificazione della filettatura
Spessore minimo della parete
Marchio di conformità TPED
Massa a vuoto
Norma di riferimento
Capacità d'acqua

Identificazione del cliente
Numero di matricola
Marcatura della prova non distruttiva
Pressione di prova
Data del collaudo
Punzone del collaudatore
Pressione di esercizio
Paese dell'ente notificato

Ogni bombola possiede una valvola di sicurezza A con un bocchettone di uscita B filettato per il collegamento ad un "riduttore di pressione" C + D. I gas sono infatti solitamente contenuti nelle bombole ad alta pressione (fino a 200 atm), valore che è di solito troppo alto per consentire il loro uso diretto. Pertanto, prima dell'uso, il gas viene portato ad una pressione inferiore (da qualche atm a frazioni di Torr, a seconda delle necessità) da un riduttore. Ad esempio, è riportato in figura un riduttore a due stadi in acciaio. Esso è munito di attacco per il collegamento con il bocchettone della bombola B con raccordi che hanno caratteristiche diverse (diametro, passo della filettatura, senso di avvitamento sinistrorso o destrorso, maschio o femmina) a seconda del tipo di gas contenuto nella bombola. In tal modo, ogni tipo di gas è contenuto in una bombola che ha un bocchettone di uscita che può essere connesso solo con un tipo specifico di riduttore di pressione per eliminare la possibilità di scambi accidentali. Basti pensare a quali drammatiche ed irreparabili conseguenze va sicuramente incontro un paziente al quale venga per errore somministrato CO invece di O_2 o aria.
Il riduttore di pressione possiede due manometri: C è montato sul I stadio e misura la pressione all'interno della bombola mentre D è montato sul II stadio e misura la pressione di utilizzo che viene regolata dalla valvola E. Prima dell'utilizzo, il gas può essere fatto passare attraverso valvole ed apparecchiature F per la misura del flusso (flussimetro).

Per evitare di collegare una bombola ad un riduttore o ad una linea di distribuzione dedicata ad un altro gas, si è scelto di dividere i gas in gruppi a seconda della loro compatibilità chimica, e di dotare ciascun raccordo filettato della valvola di uscita di caratteristiche uniche per ogni gruppo, in modo tale che non siano possibili scambi di bombole di gas incompatibili. La suddivisione dei gas compressi in base alle filettature di raccordo delle valvole con i tubi di riempimento e svuotamento sono riportati nella tabella seguente:

GRUPPO	DIAMETRO DELLA VITE FEMMINA (mm)	DIAMETRO DELLA VITE MASCHIO (mm)	SENSO DELLA FILETTATURA	N DI FILETTI PER POLLICE
GRUPPO I Ac. cianidrico non assorbito da materie porose, ac. solfidrico, bromuro di vinile, butadiene,butano puro,butano commerciale,butilene, ciclopropano, cloruro di cianogeno, cloruro di metile, cloruro di etile, cloruro di vinile, etano, etere metilico,etere metilvinilico, etilene, fluoruro di vinile, idrogeno, isobutano, isobutilene, metano, metilmercaptano, ossido di etilene, propano puro,		20	SINISTRORSO	14

propano commerciale, propilene, tetrafluoroetilene.				
GRUPPO II Anidride carbonica diversa da quella per uso medicale, anidride solforosa, bromuro di metile, cloropentafluoroetano ,clorotrifluorometano, diclorotetrafluoroetano, esafluoruro di zolfo, monclorodifluoroetano, monoclorodifluorometano,fosgene, ossigeno, tetrossido diazoto, trifluorometano, difluoroetano, difluoroetilene.		21,7	DESTRORSO	14
GRUPPO III Ammoniaca, dimetilammina, metilammina, metilammina, trimetilammina.		30	SINISTRORSO	14
GRUPPO IV Ac. bromidrico anidro, ac.cloridrico anidro, cloro, cloruro di trifluoroacetile, fluoro, fluoruro di boro.		25,4	DESTRORSO	8

GRUPPO V Azoto	21,7		DESTROR SO	14
GRUPPO VI Aria		30	DESTROR SO	14
GRUPPO VII Acetilene disciolta (attacco a pressione)				
GRUPPO VIII Argon, cripton, elio, neon, xenon	24,51		DESTROR SO	14
GRUPPO IX Protossido di azoto		16,66	DESTROR SO	19
GRUPPO X Anidride carbonica per uso medicale		27	DESTROR SO	2

Per le miscele di gas compressi le caratteristiche dei rubinetti e dei raccordi devono essere suddivisi nei seguenti gruppi in base alle caratteristiche salienti della miscela:
miscele inerti: Gruppo V oppure Gruppo III
miscele comburenti: Gruppo II
miscele combustibili: Gruppo I
miscele corrosive: Gruppo IV

CLASSIFICAZIONE COMMERCIALE DEI GAS

Gas speciali
- Purezza elevata, applicazioni specialistiche
Gas tecnici
- Purezza contenuta, applicazioni tecniche
Gas criogenici liquefatti
Purezze diverse, consumi molto elevati

GAS SPECIALI

I gas speciali si dividono in gas puri e miscele

GAS PURI
Classe “P” (Puri, titolo fino a 4.5)
Classe “R” (Ricerche, titolo 4.5-5.0)
Classe “T” (Transistor, titolo 5.0-5.5)
Classe “EP” (ExtraPuri, titolo fino a 6.0)

MISCELE
Certificate
Speciali

Il grado di purezza (R) quindi indica un gas con tracce di impurezze maggiori rispetto a quelle contenute in un gas di grado (T).
I gas molto puri portano anche il simbolo N seguito da due cifre: la prima indica il numero di "9" che esprime la percentuale della sua purezza, mentre la seconda è quella che segue l'ultimo 9.
Esempio Ar N55 significa gas argon di purezza 99.9995 %: Ar N 60 significa purezza 99.99990 %.
I gas ed i contenitori adoperati per usi curativi subiscono particolari ed accurati controlli di qualità: non si può somministrare ad un paziente un gas che non sia specificatamente preparato per tale scopo.

NORME PRINCIPALI DI SICUREZZA PER LE BOMBOLE

Le bombole rappresentano un potenziale pericolo, per cui le norme che ne regolano l'utilizzo, l' immagazzinamento ed il trasporto sono piuttosto severe.

■ Essere sempre sicuri della natura del gas che si usa.

Un recipiente di gas deve essere messo in uso solo se il suo contenuto risulta chiaramente identificabile.

Il contenuto va identificato nei modi seguenti.

a) colorazione dell'ogiva, secondo il colore codificato dalla normativa di legge;

b) nome commerciale del gas, scritte indelebili, etichette autoadesive, decalcomanie poste sul corpo del recipiente, oppure cartellini di identificazione attaccati alla valvola o al cappellotto di protezione (etichettatura);

d) raccordo di uscita della valvola, in accordo alle normative di legge;

e) tipi e caratteristiche dei recipienti.

E' importante quindi che l'utilizzatore non cancelli o renda illeggibile scritte, non asporti etichette, decalcomanie, cartellini applicati sui recipienti dal fornitore per l'identificazione del gas contenuto.

■ Accertarsi della tossicità del gas prima dell'uso. Seguire le indicazioni riportate sulla scheda di sicurezza del gas da utilizzare.

■ I recipienti contenenti gas devono essere stoccati in luoghi adatti: non devono essere esposti all'azione diretta dei raggi del sole, né tenuti vicino a sorgenti di calore o comunque in ambienti in cui la temperatura possa raggiungere o superare i 50 °C, i recipienti non devono essere esposti ad una umidità eccessiva, né ad agenti chimici corrosivi.

■ È vietato immagazzinare in uno stesso luogo recipienti contenenti gas tra loro incompatibili. È necessario altresì evitare lo stoccaggio dei recipienti in luoghi ove si trovino materiali combustibili o sostanze infiammabili.

Nei luoghi di deposito devono essere tenuti separati i recipienti pieni da quelli vuoti, utilizzando adatti cartelli murali per contraddistinguere i rispettivi depositi di appartenenza.

■ Durante l'uso o nei luoghi di deposito i recipienti devono essere tenuti in posizione verticale ed assicurati alle pareti o a un qualsiasi supporto solido con catenelle od altro mezzo idoneo, per evitarne il ribaltamento e la loro accidentale caduta, salvo che la forma del recipiente ne assicuri la stabilità.

E' vietato usare le bombole orizzontali o capovolte

■ Maneggiare la bombole con molta delicatezza e tenerle lontane da fonti di calore e da fiamme.
■ In caso di trasporto usare un carrello e proteggere la valvola con l'apposito tappo a vite.
■ Manovrare con delicatezza le valvole e non lubrificarle mai.
■ Usare sempre un riduttore di pressione.
■ Chiudere sempre le valvole quando non si usa il gas.
■ Non vuotare mai completamente una bombola ma lasciare sempre almeno 2 - 5 atm di residuo quando la si cambia, per evitare che dell'aria possa entrare come inquinante.
■ Tenere ben arieggiato il locale in cui si usano o si tengono le bombole.
■ Se si fa un uso massiccio di gas, conviene installare un impianto centralizzato, che consta di una serie di bombole collegate tra loro che vengono tenute all'esterno dell'edificio in appositi ambienti e che sono connesse ad un riduttore di pressione collettivo, che, a sua volta, viene collegato con una rete di distribuzione costituita da tubi metallici che portano i gas a bassa pressione nei vari laboratori. In tal modo il rischio è ridotto perché le bombole sono situate al di fuori del laboratorio ed i gas che entrano negli ambienti di lavoro sono a bassa pressione.
■ In caso di incendio si deve cercare di allontanare le bombole per evitare scoppi o l'ulteriore propagazione dell' incendio, nel caso la bombola contenga un gas infiammabile (ad esempio propano, butano o H_2).
■ Le valvole dei recipienti devono essere sempre tenute chiuse, tranne quando il recipiente è in utilizzo.
L'apertura della valvola dei recipienti deve avvenire gradualmente e lentamente.
Non usare mai chiavi od altri attrezzi per aprire o chiudere valvole munite di volantino. Per le valvole dure ad aprirsi o grippate per motivi di corrosione, o qualora la valvola o il raccordo appaiono danneggiati, contattare il fornitore per istruzioni ed evitare di utilizzare il gas.
■ Prima di restituire un recipiente vuoto, assicurarsi che la valvola sia ben chiusa, avvitare l'eventuale tappo cieco sul bocchello della valvola e rimettere il cappellotto di protezione.
■ L'utilizzatore non deve cambiare, manomettere, tappare i dispositivi di sicurezza eventualmente presenti, né in caso di perdite di gas, eseguire riparazioni sui recipienti pieni e sulle valvole.
■ La lubrificazione delle valvole non è necessaria. È assolutamente vietato

usare olio, grasso od altri lubrificanti combustibili sulle valvole dei recipienti contenenti ossigeno e altri gas ossidanti.
■ I recipienti devono essere maneggiati con cautela evitando gli urti violenti tra di loro o contro altre superfici, cadute o altre sollecitazioni meccaniche che possano comprometterne l'integrità e la resistenza.
■ I recipienti non devono essere sollevati dal cappellotto, né trascinati né fatti rotolare o scivolare sul pavimento. La loro movimentazione, anche per brevi distanze, deve avvenire mediante carrello a mano od altro opportuno mezzo di trasporto.
■ I recipienti non devono mai essere collocati dove potrebbero diventare parte di un circuito elettrico.

CARATTERISTICHE E RISCHI ASSOCIATI ALL'USO DEI GAS

GAS INERTI
In condizioni normali di temperatura e pressione questi gas non reagiscono né si combinano con altre sostanze. Nel caso di incidenti i rischi sono dovuti all'effetto asfissiante infatti qualsiasi gas inerte che si aggiunge o si miscela all'atmosfera che noi respiriamo, diminuisce la concentrazione di ossigeno e si ha sott'ossigenazione.
Misure preventive:
■ ventilare gli ambienti
■ realizzare scarichi dimessa all'aria in modo che gli effluenti non siano in prossimità di posti di lavoro
■ i gas pesanti o molto freddi tendono ad accumularsi sul fondo di fosse,scantinati, fognature per cui utilizzare sempre apparecchi respiratori per intervenire in zone sospette
■ le maschere antigas a filtro utilizzate per i gas **non sono efficaci** contro la mancanza di ossigeno
■ l'immissione di aria fresca in ambienti chiusi o poco ventilati non garantisce la respirabilità dell'atmosfera perché si possono formare sacche di gas inerti in posizione riparata o sul fondo
■ scollegarle tubazioni di collegamento con serbatoi od impianti alimentati con gas inerti e bonificarli prima di accedervi
■ utilizzare analizzatori di O_2 con segnalatori ottici ed acustici

SOTTOSSIGENAZIONE

I SENSI UMANI NON RILEVANO LA SOTTOSSIGENAZIONE CONSIDERAZIONI GENERALI

21% Concentrazione normale di O_2
19% Sbadigli, stanchezza
14% Polso rapido, malessere, vertigine
10% Nausea, svenimento rapido
8% Coma dopo 40", arresto respiratorio, morte
0% Coma e arresto respiratorio dopo tre inspirazioni, morte.

■ Il tenore di O_2 presente in un ambiente può essere rilevato solo da strumenti idonei.
■ La sottossigenazione può portare ad una attenuazione dell'attenzione, ad una deformazione del giudizio e, in breve tempo, a lesioni del cervello.
■ La perdita di conoscenza ed il decesso sopravvengono senza nessun preavviso o sensazione di allarme.
■ I sintomi sono sonnolenza, fatica, errori di valutazione possono essere mascherati da uno stato di euforia che induce un falso senso di sicurezza e benessere.

PRECAUZIONI

■ Nel caso in cui una persona si accasci al suolo improvvisamente mentre lavora in uno spazio confinato, serbatoio, ecc. induce a pensare subito che probabilmente si è trovata in un'atmosfera sottossigenata.
■ Prima di precipitarsi a soccorrerla, dotarsi dei mezzi di protezione come autorespiratori o manichette d'aria.
■ Trasportare l'infortunato in un ambiente ad atmosfera normale e chiedere soccorso.
■ Gli incidenti di questo tipo sono quasi sempre gravi se non mortali

ALCUNE NORME D' INTERVENTO IN CASO D' INCENDIO

(Vigili del Fuoco: tel. 115)

Si ribadisce l'assoluto divieto di fumare nel laboratorio !
È assolutamente necessario che chi frequenta il laboratorio conosca l'esatta ubicazione delle uscite di sicurezza, dei mezzi antincendio ed il loro utilizzo, del quadro elettrico generale e delle valvole del gas e dell'acqua.
Ricordarsi che come il solito "prevenire è meglio che curare !!!"
In caso di incendio è opportuno:

a) Non farsi prendere dal panico ma avvertire il docente ed i colleghi, staccare l'interruttore generale della corrente elettrica, spegnere gli eventuali fornelli a gas accesi, disattivare i ventilatori e gli impianti di aria condizionata che possono favorire il propagarsi delle fiamme.

b) Verificare l'entità dell'incendio: se è circoscritto, ad esempio ad un bicchiere, coprire il recipiente con un vetro di orologio o un contenitore in vetro: non usare stracci o altro materiale combustibile: tutto il materiale infiammabile presente nelle vicinanze va rimosso immediatamente.

c) In caso di incendio di grandi proporzioni ma controllabile, usare gli estintori e gli altri mezzi antincendio (esempio la coperta antifiamma).

d) In caso di incendio non controllabile, chiamare i vigili del fuoco (TEL. 115), abbandonare i locali lasciando solo il personale addetto che userà, se necessario, le maschere antigas opportune contro i gas che si possono sviluppare.

e) In caso di incendio degli abiti, impedire all'infortunato di mettersi a correre, perché ciò alimenterebbe ancor di più le fiamme: togliergli gli abiti o se ciò richiede troppo tempo farlo distendere a terra e coprirlo con la coperta antifiamma o con panni bagnati, usare eventualmente i doccioni di sicurezza presenti in laboratorio. Trattare l'infortunato poi come nel caso degli incidenti da ustione (vedi dopo).

f) Prima di riprendere la normale attività, accertarsi che non vi siano focolai occulti che possono svilupparsi in un secondo tempo.

g) Particolari precauzioni devono essere prese in caso di incendi se sono presenti bombole di gas.

TIPO DI ESTINTORI

L'uso di tipi diversi di estintori è legato al diverso tipo di materiale che sta bruciando:

Estintore ad H_2O o a schiuma: contengono H_2O o schiume a base di H_2O che vengono spinte fuori dal contenitore da CO_2 in pressione: sono poco usati nei laboratori perché l'H_2O può reagire con molti composti chimici e rovinare le apparecchiature elettriche.

Estintore a polvere**:** contengono polveri a base di $NaHCO_3$, NaCl, NH_4-fosfato e solfato addizionati con idrorepellenti: l'erogazione della polvere è ottenuta pressurizzando la bombola con aria o N_2 o CO_2. Si usano per incendi di materiali solidi comuni, solidi con basso punto di fusione, liquidi, gas infiammabili, sostanze che a contatto con H_2O danno combustione con formazione di H_2, (cioè con Mg, Al, Li, Na, idruri,....) o di apparecchiature elettriche.

Estintore a CO_2**:** contengono CO_2 liquido in pressione: si usano come i precedenti tranne nel caso di incendi coinvolgenti metalli reattivi con CO_2 come idruri, nitrati, clorati, ... Hanno il vantaggio di non lasciare residui e per questo sono da preferirsi nel caso di spegnimento di incendi in cui siano coinvolte strumentazioni elettriche.

Estintore ad Halon**:** di scarsa efficacia con incendi di materiali solidi: impiegano idrocarburi alogenati: sono chiamati con sigle che indicano rispettivamente il numero di atomi di C, F, Cl e Br presenti. I più usati sono:

HALON 1211	bromoclorodifluorometano	(BCF)	(gas)
HALON 1301	bromotrifluorometano	(BTM)	(gas)
HALON 2402	dibromotetrafluoroetano	(Fluobrene)	(liquido)

Se sono in forma gassosa sono tenuti in bombole in pressione, se, come nel caso del Fluobrene, sono in forma liquida viene loro aggiunto N_2 come propellente. Il loro impiego è limitato a causa della loro tossicità e perché sono ritenuti tra le sostanze responsabili delle alterazioni dello strato di ozono nell'atmosfera.
L'azione estinguente si manifesta in virtù dei seguenti fenomeni:

- soffocamento: consiste nel cercare di impedire il contatto tra O_2 ed il combustibile che sta bruciando.
- raffreddamento: si usa un qualche prodotto che reagisca assorbendo grandi quantità di calore: l'azione endotermica contribuisce ad estinguere le fiamme.
- azione inibente: il prodotto estinguente esercita una qualche azione catalitica inibente nei confronti delle complicate reazioni di combustione.

Esempio: H_2O sottrae calore impedendo l'auto sostentamento della combustione ed isola le sostanze dall' O_2 atmosferico che funge da comburente.
Esempio: $2NaHCO_3 + \text{calore} \rightarrow Na_2CO_3 + H_2O + CO_2$ esercita tutte e tre le azioni citate.
Esempio: CO_2 esercita azione soffocante e raffreddante.
Esempio: HALON inibisce il meccanismo radicalico con il quale di solito hanno luogo le reazioni di combustione.
Gli estintori vanno controllati ogni sei mesi ed eventualmente ricaricati da personale specializzato.
Se si usa un estintore ricordarsi di:

1) togliere lo spinotto di sicurezza;
2) impugnare saldamente;
1) rivolgere il getto alla base delle fiamme.

MASCHERE ANTIGAS

L'uso di maschere antigas a filtro è talvolta indispensabile per evitare l'inalazione di vapori, polveri e gas irritanti o nocivi soprattutto durante gli incendi. Ne esistono almeno di tre tipi:
1) a copertura parziale che lasciano liberi gli occhi coprendo naso e bocca;
2) a copertura totale che coprono tutto il volto;

3) a copertura totale di tutta la testa.
Chi indossa la maschera inspira dell'aria esterna che prima di arrivare alle vie respiratorie viene fatta passare attraverso opportuni filtri che bloccano le sostanze nocive o le trasformano in sostanze più tollerabili dall'organismo.
I filtri possono funzionare con uno dei tre meccanismi seguenti:
1) adsorbimento;
2) catalisi;
3) reazione chimica
I filtri che funzionano per adsorbimento contengono di solito polvere di carbone attivata molto fine che possiede una superficie specifica molto elevata e che è capace di adsorbire e condensare le sostanze nocive nei canali capillari.
Quelli che funzionano per catalisi contengono polveri di ossidi metallici capaci di catalizzare a temperatura ambiente la trasformazione della sostanza nociva in una meno pericolosa. Ad esempio CO viene ossidato a CO_2 dall'ossigeno dell'aria.
I filtri del terzo tipo contengono ossidi metallici, alcali, acidi,..., capaci di reagire chimicamente con la sostanza nociva trasformandola o imprigionandola.
Esistono almeno una cinquantina di filtri diversi, ciascuno adatto ad una certa classe di sostanze: certi filtri funzionano adoperando due o tutti e tre i meccanismi citati.
- Attenzione: i filtri hanno un tempo limitato di funzionamento per cui è indispensabile controllare sempre la loro efficienza e data di scadenza.
I filtri, pur impedendo alle sostanze nocive di arrivare alle vie respiratorie, non sono in grado di supplire all'eventuale mancanza di ossigeno necessario alla respirazione, fatto che può verificarsi durante un incendio in un ambiente poco arieggiato.
Essi diventano inutili quando la percentuale dell'O_2 nell'aria (che è normalmente del 21%) diventa minore del 17%. In questi casi è necessario adoperare l'autorespiratore che è una maschera munita di bombole autonome d'aria.

Liquidi criogenici

Vengono considerati liquidi criogenici i liquidi con punto di ebollizione inferiore a -73ºC.
I più comuni rientrano nella categoria dei gas atmosferici liquefatti: azoto, ossigeno, anidride carbonica, argon.
La maggior parte delle precauzioni per la sicurezza osservate per i gas compressi sono applicabili anche ai liquidi criogenici a cui vanno aggiunti però i pericoli derivanti direttamente dal particolare stato fisico dei liquidi stessi, cioè la temperatura estremamente bassa, da cui lo sviluppo per evaporazione di grandi volumi di gas a partire da piccole quantità di liquido e la tendenza all’accumulo di vapori freddi negli strati più bassi dell’ambiente.
In generale i principali pericoli connessi con l’utilizzo dei gas criogenici sono: contatto, sottossigenazione,, incendio o esplosione,, tossicità.

Sottossigenazione

L’evaporazione anche di una piccola quantità di liquido criogenico può sviluppare grandi volumi di gas che in un locale chiuso o scarsamente ventilato può portare ad una carenza di ossigeno. Poiché la maggior parte dei liquidi criogenici sono incolori e inodori questo pericolo non può essere evidenziato senza un opportuno equipaggiamento.
I sintomi di una deficienza di ossigeno sono:
19-15% riduzione della velocità di reazione;
15-12% difficoltà di coordinazione, polso accelerato, respiro faticoso;
12-10% vertigini, labbra blu, capacità di giudizio alterata;
10-8% nausea, vomito, incoscienza;
8-6% entro 4-8 minuti danni cerebrali, morte entro 8 minuti;
4% coma entro 40 secondi, assenza di respiro, morte.
Al fine di evitare la formazione di una atmosfera sotto ossigenata, causata da alcuni possibili fattori, quali lo scaricarsi di una certa quantità di fluido dalle valvole di sicurezza per il verificarsi di improvvise sovrapressioni, spandimenti accidentali di liquido sul pavimento o su altre superfici dando origine alla formazione di vapori, è necessario adottare le seguenti misure di prevenzione e protezione:
dotare il locale di aperture che garantiscano il ricambio naturale e permanente dell'aria ambiente; in alternativa, installare idonei mezzi di

ventilazione meccanica ubicati a livello pavimento o delle parti più basse del locale, in grado di eliminare i vapori che si possono formare.
Nel caso particolare di manipolazione e uso di liquidi criogenici in un ambiente scarsamente aerato, è indispensabile l'utilizzo di un analizzatore (ossimetro), con segnalatore acustico-luminoso che entra in funzione quando la concentrazione di ossigeno scende a livelli inferiori al 18%.

Rischi da contatto

Il contatto con i liquidi criogenici provoca sulla pelle lesioni del tutto simili ad ustioni (ustioni criogeniche o bruciature fredde).
L’entità del danno aumenta con il diminuire della temperatura e con l’aumentare della durata del contatto. Particolare attenzione occorre porre nel proteggere mucose e tessuti particolarmente sensibili come gli occhi, essi infatti possono essere danneggiati anche da un’esposizione che, normalmente, sarebbe troppo breve per intaccare la pelle.
L’azione anestetizzante del freddo talvolta provoca congelamenti senza che ci si accorga di ciò che sta avvenendo. Si possono poi anche avere effetti del freddo sui polmoni. Una breve esposizione può provocare sensazione di malessere. Una prolungata inalazione di vapori di gas freddi, respirabili oppure no, può produrre seri effetti sui polmoni.

L'uso dei liquidi criogenici richiede l'adozione di alcune norme comportamentali:
■ maneggiare sempre i liquidi con la massima cautela
■ tenersi sempre ad una distanza sicura da un liquido che bolle e schizza e dal gas da esso emanato
■ quando si maneggiano liquidi in contenitori aperti, per aver cura di non versarli dentro le calzature,indossare sempre i pantaloni all’esterno delle calzature
■ evitare sempre il contatto di qualsiasi parte del corpo non protetta con tubazioni o recipienti non isolati contenenti gas atmosferici liquefatti: il metallo estremamente freddo può infatti aderire saldamente alla pelle lacerandola
■ usare sempre delle tenaglie o delle pinze, mai le mani,per estrarre oggetti immersi nel liquido

■ evitare di riempire il contenitore oltre il livello di sicurezza: l’eccesso di liquido aumenta il tasso di evaporazione ed il pericolo di trabocchi durante il trasporto
■ per il trasferimento di contenitori pieni utilizzare sempre mezzi appropriati (ad es. carrelli) e non accompagnarli in ascensore.
■ ricordare sempre che oggetti normalmente morbidi e pieghevoli a temperatura ambiente diventano estremamente duri e fragili alla temperatura di questi liquidi.
■ utilizzare solo contenitori progettati e certificati specificatamente per l'uso richiesto;
■ quando si carica un contenitore "caldo" stare lontani dai liquidi che evaporano o fuoriescono e dal gas che si sviluppa;
■ in caso di perdite con formazione di nubi di vapore, l'operatore deve allontanarsi (azoto, argon e elio, in quantità eccessiva, riducono la concentrazione di ossigeno nell'aria e possono determinare asfissia);
■ l'accesso ai locali dove vengono utilizzati liquidi criogenici, deve essere limitato al personale autorizzato.
Per evitare il contatto con il liquido o vapori freddi dovuti, ad esempio, a spruzzi sul viso o altre parti del corpo di liquido durante le operazioni di travaso o riempimento di un contenitore, contatto accidentale delle mani o altre parti del corpo con tubazioni fredde non isolate, penetrazione del liquido all'interno delle calzature, è necessario adottare le seguenti misure di prevenzione e protezione di tipo personale (DPI):
■ usare occhiali a tenuta con visiera durante le operazioni per le quali si prevedono spruzzi di liquido (travasi e altro);
■ indossare appositi guanti di cuoio molto larghi in modo da poterli sfilare facilmente;
■ indossare camice e pantaloni lunghi o tuta contro gli spruzzi alle gambe o altre parti del corpo;
■ non indossare scarpe aperte o porose.

Per l’impiego e la manutenzione delle apparecchiature per liquidi criogenici è necessario attenersi sempre alle procedure prescritte dal costruttore. Chiunque lavori con questi liquidi dovrà essere opportunamente addestrato. Le apparecchiature non devono mai essere manomesse o modificate senza l’intervento di un tecnico esperto.

CENNI SUGLI INTERVENTI DA ESEGUIRE IN CASO DI INCIDENTE

L'incidente in ambito lavorativo è un evento sempre possibile, per questo motivo bisogna evitare reazioni istintive spesso non corrette che peggiorano la situazione.
Occorre invece:

- o Mantenere la calma;
- o Avvisare i propri superiori e i collaboratori di ciò che è accaduto;
- o Adottare le procedure previste elaborate dai Responsabili

In genere, l'operazione di pronto soccorso in caso di incidente si effettua in due tempi;

2) Intervento di emergenza effettuato da una persona anche non esperta.
3) Intervento eventuale successivo del medico (TEL. 118).

In ogni caso vi sono delle norme di buon senso e di logica da seguire:

- Allontanare il malcapitato dal pericolo facendo attenzione alla propria ed alla altrui incolumità.
- Richiedere l'immediato intervento del medico ma nel frattempo agire prontamente, soprattutto se l'infortunato sanguina, è ustionato, ha ingerito sostanze tossiche, ha inalato vapori velenosi, è in stato di shock, ...
- Togliere gli indumenti impregnati di sostanze tossiche o corrosive.
- Mettere l'infortunato in posizione comoda ed adeguata.
- Praticare se necessario la respirazione forzata.
- Somministrare se necessario O_2.
- In caso di perdita dei sensi non far ingerire nulla perché c'è il rischio di soffocamento.

In seguito vengono descritti più dettagliatamente alcuni casi di pericolo e relativi comportamenti da tenere.

SOSTANZE CHIMICHE NEGLI OCCHI

Gli occhi sono molto delicati per loro natura, per cui è necessario indossare sempre gli occhiali di sicurezza e nel malaugurato caso di incidente è necessario intervenire nel minor tempo possibile.

Cercare di togliere quanto prima la sostanza estranea dall'occhio lavandolo con molta H_2O fredda: successivamente a seconda della natura della sostanza agire come segue:
<u>Acido negli occhi</u>: lavare ripetutamente con una soluzione al 2% di borace (borato di sodio $Na_2B_4O_7$) e successivamente con molta H_2O.
<u>Basi negli occhi</u>: lavare ripetutamente con una soluzione all' 1-2% di acido borico e successivamente con H_2O.
<u>Frammenti di vetro negli occhi</u>: lavare brevemente, bendare con bendaggio leggero per tenere l'occhio chiuso.
In tutti i casi, chiedere l'intervento immediato di un medico.
E' possibile usare i bagnetti ottici presenti in laboratorio funzionanti sia ad acqua che a borace e ad acido borico.

USTIONI

1)Da calore secco (oggetti caldi, fiamme)
<u>Per piccole ustioni</u> senza lacerazione della pelle, raffreddare con acqua, spalmare la parte colpita con pomate apposite (esempio Foille) ed applicare una fasciatura leggera.
<u>Per ustioni più gravi</u>, immergere la parte ustionata in H_2O fredda per qualche tempo per calmare il bruciore, togliere tutto ciò che potrebbe causare problemi per il possibile gonfiarsi della parte colpita (anelli, scarpe, orologio, etc), bendare leggermente senza applicare pomate, non rompere le bolle eventualmente formatesi, non applicare cerotti sulla pelle, chiamare il medico.

2) Da elettricità
Di solito si osserva una zona scura sulla pelle: chiedere l'intervento del medico perché si possono esser verificati gravi danni in profondità non percettibili all'esterno.

3) Da acidi
Lavare abbondantemente con H_2O la parte colpita: togliere gli indumenti inquinati usando i guanti: lavare con una soluzione all' 1-2% di bicarbonato di sodio ed ancora con H_2O, quindi bendare. Se la ferita è estesa, chiamare un medico.
4) Da basi
Come per il caso degli acidi ma lavare con una soluzione all' 1-2% di acido borico o con 0.5% di acido acetico.

TAGLI

In caso di piccole ferite, cercare di togliere eventuali frammenti lasciando sanguinare per qualche secondo la ferita. Disinfettare e bendare. Se la ferita è grave, chiamare un medico e nel frattempo controllare l'emorragia comprimendo i lembi della ferita ed applicando a monte un laccio emostatico che va allentato di tanto in tanto.

INGESTIONE DI SOSTANZE TOSSICHE

Può accadere che del liquido arrivi alla bocca perché schizza da qualche recipiente o perché si sta usando una pipetta aspirando con la bocca anziché usando la propipetta in gomma, azione che, si ribadisce, è assolutamente vietata.
Se non si è ingerito il liquido, sputare immediatamente e sciacquare la bocca con abbondantissima acqua. Se si è ingerito, chiamare il medico e nel frattempo agire a seconda dei casi:
ingestione di acido: bere molta H_2O, seguita da latte di magnesio (sospensione di ossido di magnesio in acqua), non far vomitare l'infortunato perché l'acido risalendo alla bocca potrebbe causare ulteriori gravi ustioni.
ingestione di basi: bere molta H_2O, seguita da succo di limone o arancio, o soluzioni diluite di acido citrico: come sopra, non far vomitare l'infortunato.
ingestione di sali di metalli pesanti: bere latte o chiara d'uovo.
avvelenamento da gas, portare l'infortunato in luogo aperto e ventilato o erogargli ossigeno.

ASSORBIMENTO CUTANEO DI SOSTANZE TOSSICHE

Attenzione: l'avvelenamento da assorbimento cutaneo è tra i più subdoli, perché può anche essere molto lento e manifestarsi dopo lunghi tempi, quando magari non si è più in contatto diretto con le sostanze pericolose che lo hanno provocato, per cui diventa difficoltoso capirne le cause.
Anche in questo caso, la prevenzione è la migliore difesa.
In caso di contagio, lavare la parte colpita con un getto di H_2O fredda e con sapone, risciacquando a lungo.

Evitare l'uso di solventi organici per lavare la parte colpita perché questi rischiano di funzionare da veicolanti per la sostanza tossica e di favorirne l'assorbimento cutaneo.

STATO DI SHOCK

Spesso l'infortunato cade in uno stato di shock che si manifesta con stato di debolezza fisica, pallore, respiro affannoso, sudorazione fredda, vertigini, nausea, visione confusa, ansia e paura. In attesa del medico, che va urgentemente chiamato, far distendere l'infortunato con i piedi leggermente alzati e col capo piegato di lato, coprirlo, e non lasciarlo solo ma parlargli cercando di rassicurarlo.

SVENIMENTO

Quasi sempre lo svenimento è dovuto alla temporaneo calo di afflusso di O_2 al cervello. Slacciare gli abiti dell'infortunato attorno al collo ad al petto, coprirlo, girargli il capo di lato assicurandosi che la lingua non ostruisca il passaggio dell'aria in gola. Se l'infortunato smette di respirare, praticargli la respirazione artificiale.
N.B. La mancanza di O_2 al cervello anche per pochi minuti può provocare danni irreparabili.

CASSETTA DI PRONTO SOCCORSO

In ogni Laboratorio Chimico deve essere presente una cassetta di pronto soccorso, in posizione accessibile, ben visibile e con una croce rossa sullo sportello. Essa deve contenente alcune dotazioni utili per un primo intervento in caso di incidente o per curare piccole escoriazioni o scottature, come garze sterilizzate, cerotti di varie dimensioni, cotone, disinfettante, collirio decongestionante, pomata contro le ustioni, forbici, pinzette metalliche, laccio emostatico, acqua ossigenata, soluzioni di acido borico, borace, acido acetico e bicarbonato di sodio.
È ovvio che è necessario;
1) controllare sempre che i prodotti che si vogliono adoperare non siano scaduti.
2) ripristinare immediatamente i prodotti che si sono consumati.